

ازدواجية الموجة والجسيم

- تنقسم دراسة الفيزياء إلى :

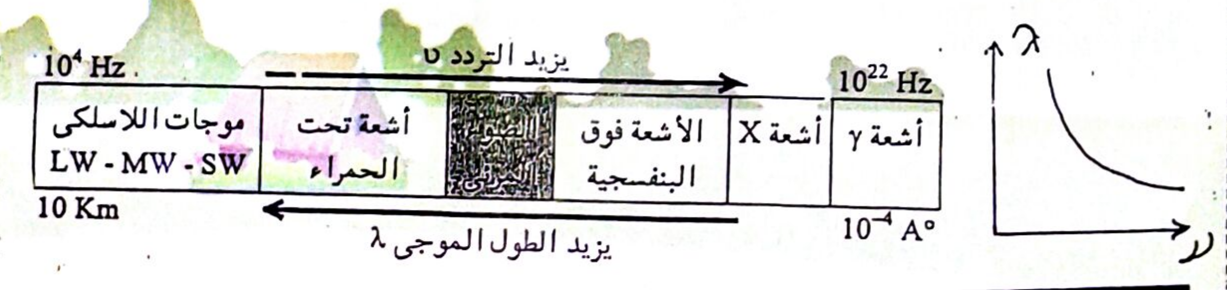
(أ) الفيزياء الكلاسيكية (التقليدية)

هى كل ما سبق دراسته حتى الآن والخاص بالمشاهدات اليومية والتجارب العملية وهى عالم العيان الماكروسكوبى

(ب) الفيزياء الكمية (الحديثة) :

هى التى تتعامل سع الظواهر العلمية التى لا نراها مباشرة وخاصة الظواهر الالكترونية وهى عالم المجهرى الميكروسكوبى ولا تستطيع الفيزياء الكلاسكية تفسيره

- **الطيف الكهرومغناطيسى :** يشمل كل الموجات الكهرومغناطيسية مرتبة حسب λ ، υ تصاعديا أو تنازليا وسرعتها ثابتة فى الفراغ $c = 3 \times 10^8$ m/s



الاشعاع الحرارى

- عند تسخين اى جسم ساق حديد مثلا فان الحرارة تسبب انبعاث اشعاع له تردد وطول موجى معين فى البداية يكون الاشعاع فى منطقة الاشعة تحت الحمراء وبزيادة درجة الحرارة يشع لون احمر اى تصبح احمر ثم تتحول الى اللون الاصفر فى النهاية الابيض عند حوالى 6000K درجة حرارة الشمس
- والمصدر لايشع كل الاطوال الموجبة بنفس القدر ولكن تختلف شدة الاشعاع مع الطول الموجى

منحنى بلانك :-

* علاقة بين شدة الاشعاع والطول الموجى ودرجة الحرارة :-

يستخدم لذلك الجسم الى يشع الطاقة التى يكتسبها وهو الجسم الاسود ودراسة توزيع الطاقة نجد الاتى :

١. كلما زادت درجة الحرارة تزيد شدة الاشعاع

٢. λm الطول الموجى عند اقصى شدة اشعاع يتناسب عكسيا مع T درجة الحرارة كلفن

٣. اذا زادت λ جدا او قلت جد فان شدة الاشعاع تقترب من الصفر. عند كل درجة حرارة يشع الجسم الساخن أطوال موجية مختلفة وتغطى مدى كبير.

٤. بارتفاع درجة الحرارة تزاح λ_m جهه الضوء المرئى (وا لأقل)

٥. قانون فين :- الاتى: «كلما زادت درجة الحرارة على تدريج كلفن يقل الطول الموجى عند أقصى شدة إشعاع أى تتناسب عكسيًا.

$$\lambda m.T = const=(2.89 \times 10^{-3})$$

* بالنسبة للشمس درجة حرارتها 6000 K تقع λm عند 5000A° والشمس تشع 40% من الطاقة الاشعاعية لها ضوء مرئى ، 50% اشعاع حرارى
* المصباح المتوهج يشع 20% ضوء فقط λm=1000 nm عند 3000K و 80% حراره
* وجد بلانك ان هذا المنحنى يتكرر مع الاجسام الساخنة وليس الشمس فقط بل الأرض أيضاً تشع اشعاعات عندما تُصور من الفضاء الخارجى
* يمكن حساب درجة حرارة اى جسم او نجم من المنحنيات

ملحوظة

من المنحنى السابق يمكن معرفة درجة حرارة الشمس والأرض
فى الشمس. $\lambda m.T = 2.89 \times 10^{-3}$ m.k

$T = \frac{2.89 \times 10^{-3}}{0.499 \times 10^{-6}} \simeq 6000K$ احسب بالمثل متوسط درجة حرارة الأرض

الاستفادة من دراسة الاشعاع الحرارى

١. معرفه مصادر الثروة الطبيعية

٢. تستخدم فى الحروب واجهزة الرؤية الليلية

٣. تستخدم فى مجال الطب لمعرفة مكان وحجم الاورام السرطانية - وكذلك الأجنة

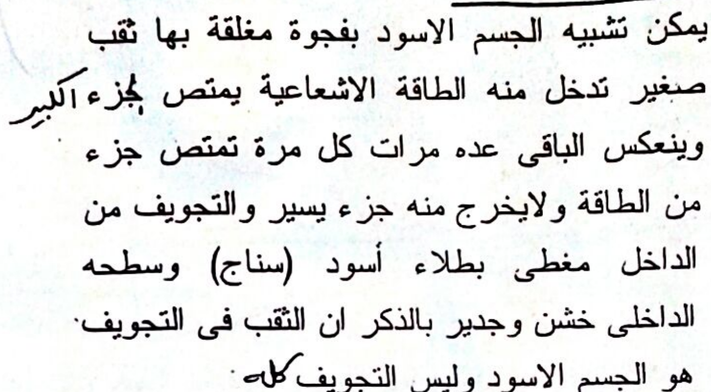
٤. تستخدم فى الادلة الجنائية حيث يبقى الاشعاع الحرارى لشخص بعد فترة من انصارفه وتسمى هذه التقنية **الاستشعار عن بعد**

إشعاع الجسم الأسود Black Body Radiation :

الجسم الاسود هو الجسم الذى يمتص جميع الطاقة الاشعاعية الساقطة عليه ذات الأطوال الموجية المختلفة

- والجسم الاسود ممتص مثالى Perfect absorber وهو ايضاً باعث مثالى Perfect emitter .
- تصور الجسم الاسود :

يمكن تشبيه الجسم الاسود بفجوة مغلقة بها ثقب صغير تدخل منه الطاقة الاشعاعية يمتص الجزء الكبير وينعكس الباقى عده مرات كل مرة تمتص جزء من الطاقة ولايخرج منه جزء يسير والتجويف من الداخل مغطى بطلاء أسود (سناج) وسطحه الداخلى خشن وجدير بالذكر ان الثقب فى التجويف هو الجسم الاسود وليس التجويف كله.



والجسم الاسود عند التسخين يشع اشعاعات حسب درجة حرارته ويمكن اذا زادت

تفسير الخاصية المادية للضوء من الأشعاع الحرارى:

وقد وجد بلانك عام ١٩٠٠ «حاصل على جائزة نوبل عام ١٩١٨» لأن تفسير هذه النتائج يستلزم فرض أن ذرات الجسم الساخن لا ينبغى أن تهتز مع كل قيم ممكنة للطاقة – وإنما تهتز فقط عندما تكون طاقتها مساوية لمقدار يتناسب مع التردد – وبالذات عندما تكون الطاقة مساوية للمقدار $h\upsilon$ أو $2h\upsilon$ أو $3h\upsilon$ أو $nh\upsilon$ حيث n عدد صحيح ، υ تردد الفوتون المنبعث ، h ثابت بلانك $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.S.

$h\upsilon_1$ $h\upsilon_2$ $h\upsilon_3$ نواه

معنى ذلك أن الطاقة الإشعاعية ليست متصلة ولكنها مكماه [quantized values of energy] وهذا يعنى أن نظرية الكم لا تنظر للإشعاع كتيار مستمر من الطاقة بل كدفقات منفصلة طاقة كل منها تتناسب مع تردد الإشعاع وبذلك أصبحت الطاقة ذات طبيعة ذرية مثل المادة وكما لا يمكن أن تنقسم الذرة فكذلك كم الطاقة وهذا يوضح من إشعاع الجسم الأسود أن الضوء له طبيعة مادية لأنه جسيمات منفصلة

فى هذا المنحنى يتضح أن شدة الاشعاع يقل مع زيادة التردد وهذا عكس التوقعات فى الفيزياء الكلاسيكية وتفسير ذلك الذرة المثارة فى مستويات عاليه جدا لاتهبط منه الى المستوى المنخفض جدا مره واحده ولو حدث تشع فوترنات طاقتها عاليه جدا وهذا لايحدث تقريبا ولكن تهبط على مراحل تشع فوتونات ذات طاقة مختلفة

شدة الإشعاع — الطول الموجى λ — قانون بلانك — التوقع الكلاسيكى — μm = ميكرون — المرئى

وكذلك لاتهبط من مستوى عال الى اقل منه مباشرة فيكون الفرق صغير فى الطاقة

الانبعاث الالكترونى من السطح :

اى معدن يوجد به الكترونات حره تتحرك داخله ولكنه لا تترك السطح بسبب قوى التجاذب يسمى حاجز جهد السطح Surface Potential Barrier.

تنبعث الالكترونات من السطح عند اعطاءه اما

أ – طاقة حرارية انبعاث حرارى ← Cothode Ray tube (CRT)

أما ب– طاقة ضوئية انبعاث كهروضوئى

الطاقة الحرارية:

كما فى انبوبة اشعه الكاثود : اعطاء السطح طاقة حرارية حتى تتحرر الالكترونات اى انبعاث أيونى حراري.

انبوبة أشعة المهبط مثل انبوبة جهاز التلفزيون

- تتركب الأنبوبة من مهبط او كاثود يسخن بواسطة فتيلة تنجستين فتتحرر الالكترونات منه ويسمى مدفع الكترونى حيث تتغلب الالكترونات المنطلقة منه على حاجز جهد السطح تنجذب الالكترونات الى المصعد (القطب الموجب) مما يسبب تيارا فى الدائرة الخارجية ثم تصطدم هذه الالكترونات بالشاشة محدثة ضوء تختلف شدته من نقطة الى اخرى حسب الاشارة المرسلة التى تتحكم فى شدة تيار الالكترونات عن طريق شبكة خاصة فى طريق الالكترونات (Grid) ويمكن توجيه حزمه الالكترونات بواسطة مجالات كهربية او مغناطيسية (الواح X-X ، Y-Y) متعامدة بطريقه معينة حتى تمسح الشاشه 25 مره فى الثانية وبذلك تكتمل الصورة وتبدو ثابته على الشاشه

الألواح (X، X) (Y، Y) عليها جهد متردد بتوافق معين

الطاقة الضوئية:

كما فى الظاهرة الكهروضوئية او التاثير الكهروضوئى

وهى ظاهرة انطلاق الالكترونات من اسطح بعض الفلزات عند سقوط الضوء عليها

دالة الشغل لسطح Ew ★ هى أقل طاقة تلزم لانبعاث الإلكترونات من السطح **$E_w = h\nu_c$**

★ والإلكترون المنبعث يسمى إلكترون كهروضوئى

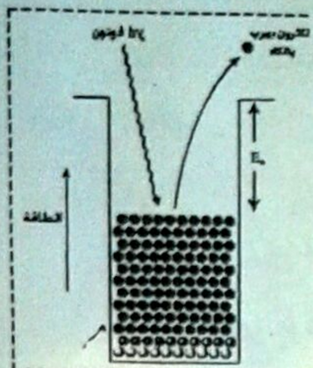
$E_w = h\nu_c$

★ والطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون تختلف بإختلاف نوع السطح. أى لكل سطح دالة شغل تميزه.

(ν_c) <u>التردد الحرج</u> : هو اقل تردد يلزم لانبعاث الالكترونات من السطح بدون طاقة

السؤال الهام

هل طاقة الحركة للالكترونات تزيد بزيادة شدة الاضاءه وهل تسليط الضوء ذو التردد الاقل لمدة طويلة يعطى الالكترونات الطاقة اللازمة لخروجها وهل تتجمع الطاقة حتى تكفى لانبعاث الاليكترون من السطح.



~~والإجابة على ذلك بالنفى لأن ذلك يبنى على النظرية الكلاسيكية ولكن~~

★ والإجابة على ذلك بالنفى لأن ذلك يبنى على النظرية الكلاسيكية ولكن:

١ - انطلاق الإلكترونات يتوقف على تردد الضوء الساقط [υ] فقط وليس شدته.

٢ - يحتاج إنبعاث الإلكترونات من سطح معدن تردد معين يسمى التردد الحرج [υc]

٣ - إذا زاد التردد عن التردد الحرج υc فإن شدة التيار تزاد بزيادة شدة الضوء الساقط.

٤ - طاقة الإلكترونات المنبعثة وكذلك سرعتها تتوقف على تردد الضوء الساقط وليس على شدة الضوء، كما أنها لا تكون متساوية للسطح الواحد حسب بعد الألكترون عن السطح وتكون أسرع الإلكترونات المنبعثة من ذرات السطح وتقل للإلكترونات المنبعثة من داخل المعدن. حيث تفقد طاقة حتى تخرج إلى السطح

فوتون hv

E_w

٥ - إنطلاق إلكترونات يحدث لحظيًا أى لحظة سقوط الفوتون على الذرة وليس بعد أن تتجمع قدر من الطاقات الصغيرة حتى تكفى لخروج الإلكترونات.

٦ - الخارصين يحتاج أشعة فوق بنفسجية لتحرير الإلكترونات منه لأن الطاقة التى تلزم التحرير الإلكترون منه عالية ولكن هناك عناصر مثل الصوديوم والبوتاسيوم والسيزيوم تنبعث مها الإلكترونات بالضوء العادى أى يحتاج طاقة أقل.

تفسير اينشتين للظاهرة الكهروضوئية

عند سقوط الضوء على سطح معدن يعطى طاقته الى ذرات المعدن فاذا كان تردد الضوء الساقط ν هناك ثلاث حالات وهى :

تردد الضوء الساقط ν

$\nu < \nu_c$	$\nu = \nu_c$	$\nu > \nu_c$
$h\nu < h\nu_c$	$h\nu = h\nu_c$	$h\nu > h\nu_c$
لاتنبعث الكترونات مهما ذادت شدة الاضاءة	تنبعث الكترونات بدون اى طاقة $\frac{1}{2} m v^2 = 0$	تنبعث الكترونات ومعها طاقة تساوى الفرق بين طاقة فوتون ودالة السطح

معادلة اينشتين

اذا كان تردد الضوء الساقط اكبر من التردد الحرج تنبعث الكترونات لها طاقة تحسب من المعادلة :-

$$\frac{1}{2} m v^2 = h\nu - h\nu_c$$

حيث طاقة الالكترون المنبعث $\frac{1}{2} m v^2$ حيث m كتلة الالكترون ، V سرعته

العلاقة البيانية

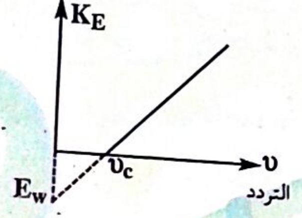
١. اذا كان $\nu < \nu_c$ لاتنبعث الكترونات وبذلك لايمر تيار فى دائرة الخلية الكهروضوئية

٢. اذا كان $\nu > \nu_c$ تنبعث الكترونات ويمر تيار ويكون شدة التيار تزيد بزيادة شدة الضوء الساقط

٣. العلاقة بين طاقة الحركة والتردد

Slope = h

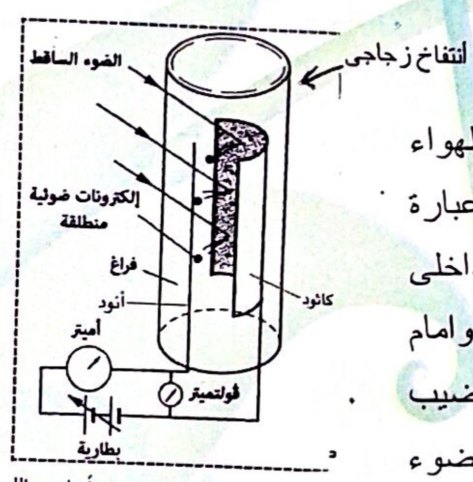
$$\frac{1}{2} m v^2 = h(\nu - \nu_c)$$



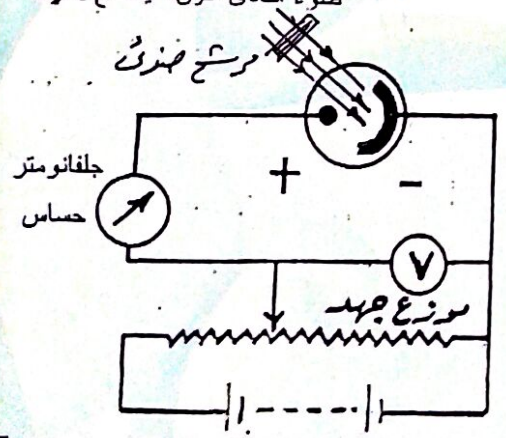
الخلية الكهروضوئية

(تطبيق على الظاهرة الكهروضوئية)

عبارة عن انتفاخ زجاجى مفرغ من الهواء الى درجة عاليه بداخله كاثود او مهبط عبارة عن لوح معدنى مقعر الشكل سطحه الداخلى مغطى بطبقة من السيزيوم رقيقه وامام الكاثود يوجد انود وهو عبارة عن قضيب معدنى رفيع حتى لايعوق ولايحجب الضوء عن الكاثود ومثبت فى قاعده الخلية مسمارى توصيل احداهما بالكاثود والاخر بالأنود



والشكل المقابل يوضح الدائره الكهربية المستخدمة وبها موزع الجهد يمكن عن طريقه التحكم فى فرق الجهد على المصعد ويمكن جعل جهد المصعد سالب او موجب



جهد الايقاف : stopping Voltage (V_s)

$$K.E = \frac{1}{2} m_e v^2 = h\nu - h\nu_c$$

(القطع) هو اصغر جهد سالب على الأنود يكون كافيا لقطع مرور التيار الكهروضوني فى دائرة الخلية الكهروضوئية ومنع وصول أسرع الإلكترونات الى الأنود: ويحسب من العلاقة:

$$\Delta E = \frac{1}{2} m_e v^2 = eV_s$$

شحنة الإلكترون ← e ، جهد الايقاف ← V_s

شدة اضاءة اكبر ، شدة اضاءة أقل ، أ شدة التيار ، جهد الأنود ، $-V_s$ ، 0

ملحوظة

- جهد الايقاف (V_s) لايتوقف على شدة الضوء كما فى المنحنى السابق.
- سرعه الالكترونات الضوئية المنبعثة من سطح فلز معين لاتكون متساوية كما أنها لاتتوقف على شدة الضوء
- الطاقة بالالكترون فولت × شحنة الالكترون = الطاقة بالجول
- الالكترون فولت : هو مقدار الطاقة التى يكتسبها الكترون عندما ينتقل بين نقطتين فرق الجهد بينهما واحدا فولت = 1.6×10^{-19} جول
- المرشح الضوئي : يسمح بسقوط الوان مختلفة اى ترددات مختلفة على المهبط (الكاثود) حتى يسقط ضوئي احادى اللون فقط
- **استخدام الخلية الكهروضوئية فى اغراض كثيرة منها:**
  1. اضاءة الشوارع ليلا آليا
  2. فتح الابواب فى الفنادق والمستشفيات آليا
  3. عداد النقود فى البنوك
  4. الحراسة

العلاقة البيانية بين تردد الضوء الساقط وطاقة الإلكترون المنبعث

$K.E$ ، $\frac{1}{2} m v^2$ ، $h\nu$ ، $h\nu_c$ ، ν ، ν_c

slope = h

مثال هام

اذا كانت الطاقة اللازمة لنزع الالكترون من سطح معدن هى = 3.975×10^{-19} جول فاذا اضيء السطح بواسطة ضوء احادى اللون وبأحد الاطوال الموجية الآتية 3100Å , 5000Å , 6200Å وضح فى كل حالة :

١. هل تنبعث الالكترونات من السطح للمعدن ام لا

٢. فى حالة الانبعاث احسب طاقة حركة الالكترون المنبعث

٣. احسب سرعه الالكترون المنبعث . حيث $me = 9.1\times10^{-31}$ kg كتلة الالكترون

٤. التردد الحرج ν_c

الحل

∴ طاقة الفوتون تحسب من العلاقة = $h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

(1) $= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{\lambda} = \frac{19.875 \times 10^{-26}}{\lambda}$

بالتعويض عن λ لكل ضوء نجد كما فى الجدول التالى:

λ	6200Å	5000Å	3100Å
الطاقة اللازمة للانبعاث Ew	3.975×10^{-19}J	3.975×10^{-19}J	3.975×10^{-19}J
طاقة الفوتون الساقط	3.2×10^{-19}J	3.975×10^{-19}J	6.411×10^{-19}J
	لاتنبعث	تنبعث بدون طاقة	تنبعث معها طاقة
طاقة الالكترون المنبعث			$=2.436\times10^{-19}$J
سرعة الالكترون المنبعث	–	–	7.31×10^{5}m/s
جهد الايقاف Vs	–	–	1.52 فولت

من قانون اينشتين :

طاقة الحركة للإلكترون المنبعث تحسب من العلاقة: $\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - h\nu_c$

$$\frac{1}{2}mV^2 = \frac{hC}{\lambda} - E_w = \frac{6.625\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3100\times10^{-10}} - 3.975\times10^{-19} = 2.436\times10^{-19}\text{J}$$

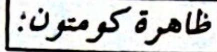
$$\frac{1}{2}\times 9.1\times10^{-31}\times v^2 = 2.436\times10^{-19}$$

منها $V = 7.31\times10^{7}$ m/s

حساب التردد الحرج

$$E_w = 3.975\times10^{-14} = h\nu_c$$

$$\nu_c = \frac{3.975\times10^{-19}}{6.625\times10^{-34}} = 6\times10^{14}\,\text{Hz}$$





ظاهرة كومتون:

لوحظ عند سقوط فوتون له طاقة عالية مثل فوتون أشعة (γ) أو أشعة -X- على إلكترون حر يحدث الآتى:

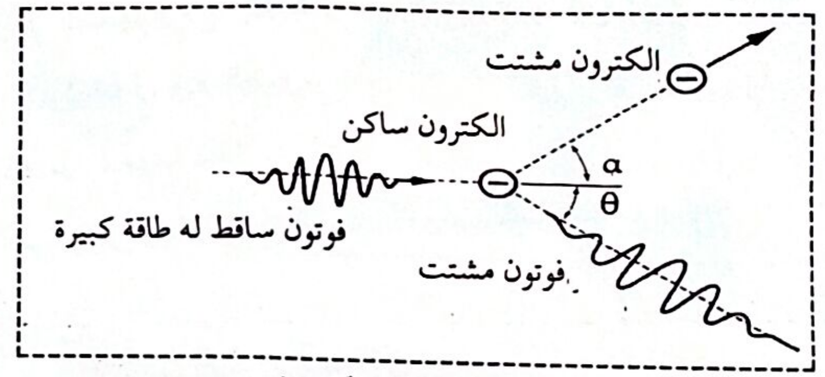
١ - يقل تردد الفوتون أى تقل طاقته ويغير إتجاهه.

٢ - تزداد سرعة الإلكترون ويغير إتجاهه أيضًا.

٣ - الطول الموجى للإشعاع المستطير (الفوتون) يكون أطول من الطول الموجى للإشعاع الساقط.

وتفسير ذلك من خلال فرض بلانك:

إن الفوتون يصطدم بالإلكترون مثل تصادم الكرات ويكون كمية التحرك قبل وبعد التصادم ثابتة وكذلك طاقة الإلكترون + طاقة الفوتون قبل وبعد التصادم ثابتة لأنه يعتبر تصادم مرن.



ظاهرة كومتون

طبيعة الفوتون:

الفوتون هو كمه من الطاقة مركزه فى حيز صغير جدا طاقته وهو متحرك = $h\upsilon$ ويسير دائمًا بسرعة الضوء (C) وله كتلة وهو متحرك = $\frac{h\upsilon}{C^2}$ وكمية تحرك $\frac{h\upsilon}{C}$

وذلك لأن الطاقة المتحولة من الكتلة حسب إثبات أينشتين = mc^2

يتضح من ظاهرة كومبتون الخاصية الجسيمية (المادية) للفوتون حيث يعتبر الفوتون جسيم له كتلة وسرعة أي له كمية تحرك وهذه هي الطبيعة المزدوجة للفوتون (مادية وموجية)

حساب قوة الشعاع على السطح:

- التغير فى كمية تحرك الفوتون = $\Delta P_L = 2\,m\,C$

إذا فرض أن معدل الفوتونات الساقطة كل ثانية = $\phi_L = \frac{n}{\Delta t}$

∴ القوة هى معدل التغير فى كمية التحرك حسب قانون نيوتن الثانى $F = 2\,m\,C.\phi_L$

$$F = 2\frac{h\upsilon}{C^2}\,.\,C.\,\phi_L = 2\left(\frac{h\upsilon}{C}\right).\,\phi_L = \frac{2}{C}\,[h\upsilon\phi_L]$$

$$F = 2\frac{P_W}{C}$$ ← نيوتن

حيث P_W هى القدرة وتقاس بوحدات الوات وهى معدل الطاقة الساقطة $= h\upsilon\,\phi_L$

وحيث أن هذه القوة صغيرة جداً لا تؤثر علي جسم كبير مثل كتاب أو قلم ولكن لصغر الإلكترون فإنها تستطيع أن تؤثر عليه وتحركه وهذا ما توضحه ظاهرة كومبتون .

هناك نموذجان للتعامل مع الفوتون : -

١] النموذج الماكروسكوبي (الأكبر) وهو الذي يوضح الخواص الموجية للفوتون وهو سلوك حزمة من الفوتونات تمثل شدة الموجة والتي ترى الأشعة الساقطة والمنعكسة في عالم العيان وهي تأخذ الملامح الاجمالية وتعتبر الضوء موجات .

٢] النموذج الميكروسكوبي (المجهري) إذا كان في مستوى الذرة والإلكترون حيث يعتبر الفوتون جسيم له تردد (υ) ونتعامل مع الضوء علي أنه جسيمات .

والنموذجان يرتبطان معاً ونتعامل معهما معاً .

مثال هام : إحسب القوة التي يؤثر بها شعاع قدرته 3 وات على سطح واسع

$$F = \frac{2P_w}{C} = \frac{2 \times 3}{3 \times 10^8} = 2 \times 10^{-8}$$ نيوتن

وهذه قوة صغيرة لا تؤثر تأثير واضح علي السطح وذلك لصغرها .

علاقة الطول الموجى للفوتون بكمية التحرك له:

∴ كمية التحرك $P_L = m.C$

حيث أن كتلة الفوتون $= \frac{h\upsilon}{C^2}$

$$\therefore P_L = \frac{h\upsilon}{C^2} . C = \frac{h\upsilon}{C} = \frac{h\upsilon}{\lambda . \upsilon} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h}{P_L} \quad , \quad P_L = \frac{h}{\lambda}$$

مثال :

فوتون ضوء أخضر طوله الموجى 5000 أنجستروم احسب:

١ - تردد الفوتون.

٢ - كتلة الفوتون.

٣ - كمية تحرك الفوتون.

٤ - طاقة الفوتون

الحل:

$$\therefore C = \lambda . \upsilon \quad ① \therefore \upsilon = \frac{3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}} = 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

كتلة الفوتون

$$② \; m = \frac{h\upsilon}{C^2} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14}}{9 \times 10^{16}} = 4.4 \times 10^{-36} \text{ Kg}$$

كمية التحرك

$$③ \; P_L = \frac{h\upsilon}{C} = m.C = 4.4 \times 10^{-36} \times 3 \times 10^8 = 13.2 \times 10^{-28} \text{ Kg m/s}$$

④ طاقة $= h\upsilon = 6.625 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14} = 3.97 \times 10^{-19}$ J

الطبيعة المزدوجة للجسيم:

- الطبيعة المزدوجة تعنى أن الجسيم المتحرك له خصائص موجية بجانب خصائصه المادية والموجة لها خصائص مادية بجانب خصائصها الموجية. كما ذكرنا سابقا.

علاقة دى برولى: De Broglie

وضع دى برولى عام ١٩٢٣ علاقة لحساب الطول الموجى المصاحب لجسيم متحرك.

$$\lambda = \frac{h}{m V} = \frac{h}{P_L}$$

P_L كمية تحرك الجسيم

لذلك الشعاع الإلكتروني له موجه مصاحبه تسير بسرعته وهي موجه دي برولي ، حيث تسلك الإلكترونات سلوك الفوتونات (الموجات) كما في الميكروسكوب الإلكتروني .

– والموجات المصاحبة للإلكترون يمكن أن يحدث لها تداخل وحيودوانعكاس وإنكسار ولكن بشرط أن يكون للإلكترونات طاقة معينة .

الميكروسكوب الإلكترونى: Electron Microscope

الميكروسكوب الإلكترونى يمكن التحكم فى الطول الموجى للإلكترونات بزيادة سرعتها حسب علاقة دى برولى. حتى يصل إلى أجزاء صغيرة (λ) جدا لذلك له قوة تحليل كبيرة جدًا ومعامل تكبيره كبير جدًا.

ويستخدم فى الميكروسكوب الإلكترونى عدسات إلكترونية مغناطيسية أو كهروستاتيكية والأفضل المغناطيسية لأنها تعطى صورة أكبر وأوضح

مصدر الالكترونات (ك)
المصعد (أ)
ملف المكثف للجسم
ملف الشيئية
ملف الاسقاط
الصور النهائية
١٠٠٠٠٠ ×
الميكروسكوب الإلكترونى

الصورة النهائية على شاشة فلورية

أهمية الكاثود: مصدر الإلكترونات
أهمية الأنود: إكساب الإلكترونات طاقة حركية حيث تعمل على زيادة جهد عالى وكلما زاد فرق الجهد زادت سرعة الإلكترونات

(١) المقارنة بين الميكروسكوب الضوئى والميكروسكوب الإلكترونى

وجه المقارنة	الميكروسكوب الضوئى	الميكروسكوب الإلكترونى
الأشعة المستخدمة	أشعة ضوئية من مصدر ضوئى.	أشعة إلكترونية ذات طاقة كبيرة.
العدسات المستخدمة	عدسات زجاجية.	عدسات الكترونية وتفضل المغناطيسية.
حدود الاستخدام	يكبر الإجسام التى طولها أكبر من أصغر موجة للضوء المرئى.	يكبر الأجسام الدقيقة جدا مثل الفيروسات والتى طولها أصغر من طول موجة الضوء.
قوة التكبير	صغيرة نسبيا حوالى ٢٠٠٠ مرة.	كبيرة تصل إلى ١٠٠ ألف مرة.
الصورة النهائية	تسقط على العين مباشرة.	تستقبل على شاشة فلورسية.

Soft Dreams

إذا وضع إلكترون في مجال كهربي فإنه يكتسب طاقة ev.
حيث فرق الجهد بين المصعد والمهبط (V) فيكون :-

$$ev = \frac{1}{2} mV^2$$

وتمثل بعلاقة طردية

الميل = $\frac{2e}{m}$ للالكترون

V^2 مربع سرعة الالكترونات

V فولت

مثال :

) ميكروسكوب إلكترونى يستخدم لرؤية جسم طوله 18 بيكو متر ، احسب فرق الجهد المطلوب للميكروسكوب لذلك. علمًا بأن شحنة الإلكترون 1.6×10^{-19} كولوم وثابت بلانك 6.625×10^{-34} جول. ثانية وكتلة الإلكترون 9.1×10^{-31} كجم.

الحل :

من علاقة دى برولى:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \longrightarrow \therefore V \text{ (سرعة الإلكترون)} = \frac{h}{m\lambda}$$

$$\therefore V = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 18 \times 10^{-12}} = 4.044 \times 10^7 \text{ m/s}$$ سرعة الإلكترون

$$\therefore e.V = \frac{1}{2} mV^2$$

فرق الجهد

$$\therefore V = \frac{mV^2}{2e} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 16 \times 10^{14}}{2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 4650$$ فولت

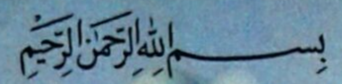
فرق الجهد

٩ - مقارنة بين الالكترون والفوتون

الالكترون	الفوتون
١ - هو جسيم مادى له طبيعة موجية.	هو كمه من الطاقة. طاقته = $h\nu$.
٢ - له كتلة عند السكون والحركة.	له كتلة أثناء حركتة = $\frac{h\nu}{C^2}$ ولا يوجد ساكنًا.
٣ - له شحنة سالبة ويمكن تعجيلة (أى تغير سرعته) فى المجال الكهربى.	موجات كهرومغناطيسية غير مشحونة ولا يمكن تعجله.
٤ - إذا اوقف عن الحركة يحتفظ بنفسه كمادة ويفقد طاقة حركته.	تفنى مادته ويتحول إلى طاقة يمتصها الجسم.
٥ كمية تحركه $mV = \frac{h}{\lambda}$.	كمية تحركة $\frac{h\nu}{C} = \frac{h}{\lambda}$

س - علل لرؤية تفاصيل أكثر من الجسم في الميكروسكوب الإلكتروني يستخدم فرق جهد عالي.

الجهد العالي يزيد سرعة الإلكترونات فيقل الطول الموجي عن أبعاد الجسم



«سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا إنك أنت السميع العليم»

صدق الله العظيم



الفصل السادس

الأطياف الذرية

(١) بعد ان اجرى طومسون تجاربه التى ادت إلى اكتشاف الإلكترون، وإيجاد قيمة شحنته النوعية $(\frac{e}{m_e})$ ، وضع نموذجا للذرة عبارة عن كرة مصمتة من مادة مشحونة بكهربية موجبة تنغمس فيها الإلكترونات السالبة.

(٢) حيث ان الذرة متعادلة كهربيا فإن :

الشحنة السالبة التى تحملها الإلكترونات = الشحنة الموجبة التى تحملها الذرة.

(٣) فى عام ١٩١١ كانت تجارب العالم رذرفورد عن تشتت جسيمات الفا عند اصطدامها بالمواد المختلفة فى هذه التجربة وضع **نموذج ذرة رذرفورد Rutherford's Model**

(٤) نموذج ذرة بور Bohr's Model (١٩١٣)

توصل بور إلى نموذج لذرة الهيدروجين وبنى بور نموذجه بعد أن درس الصعوبات التى واجهت نموذج رذرفورد مستخدما تصورات رذرفورد وهى:

١ – توجد عند مركز الذرة نواة موجبة الشحنة.

٢ – الذرة متعادلة كهربيا حيث أن شحنة الإلكترونات حول النواه يساوى عدد الشحنات الموجبة التى تحملها النواة.

٣ – يتحرك الإلكترون حول النواة فى مدارات ثابتة محددة تعرف باسم الأغلفة Shells ويحمل طاقات محددة وأثناء ذلك لا يمتص أو يشع طاقة طالما كان يتحرك فى مستوى الطاقة الخاص به.

$c = \lambda \cdot \nu$

طاقة تاين

مستويات الطاقة

فوتون ممتص

فوتون منبعث

E_1

ثم أضاف إليها الفروض الثلاثة الهامة الآتية:

١ – إذا انتقل الكترون من مدار خارجى طاقته (E_2) إلى مدار داخلى طاقته (E_1) حيث $(E_2 > E_1)$ فإنه تنطلق نتيجة لذلك كمية من الاشعاع أي (فوتون) طاقته $h\upsilon = E_2 - E_1$ (طاقة الفوتون) والعكس يمتص الإلكترون طاقة إذا انتقل من مدار قريب من النواة إلى مدار أبعد ويكون مقدار الطاقة الممتصة هى فرق الطاقة بين المدارين.

$$\Delta E = E_{خارجى} - E_{داخلى} = h \cdot \upsilon = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

٢– القوى الكهربية (قانون كولوم) و القوى الميكانيكية (قانون نيوتن) قابلة للتطبيق فى مجال الذرة.

٣– يمكن حساب نصف قطر المدار تقديريا إذا اعتبرنا أن الموجة المصاحبة له تمثل موجة موقوفة

من فرض دي برولي أن الإلكترون المتحرك

له موجه ترافقه وهو في مداره يسير

علي هيئة موجه موقوفة كما بالشكل .

ويكون طول المدار = عدد صحيح من الأطوال الموجبة الموقوفة

$$n\lambda = 2\pi r$$

أحد حالات الموجات الموقوفة فى أفلاك الالكترونات حيث $(2\pi r = 6\lambda)$

ومن ذلك يمكن حساب نصف قطر المدار

$\therefore \lambda = \frac{h}{mv}$ من علاقة دي برولي

$\frac{nh}{mv} = 2\pi r$ ومنها $r_n = \frac{nh}{2\pi v m}$

علاقة أخرى $r_n = const. \, n^2 \longrightarrow$ المقدار الثابت $[5.29 \times 10^{-11}]$ m

مثال :

احسب نصف قطر المستوى الثانى (n = 2) علما بأن الطول الموجى للالكترون فيه 6.644 انجستروم

الحل:

$n\lambda = 2\pi r$ $\therefore 2 \times 6.644 \times 10^{-10} = 2 \times 3.14 \times r$ منها $r = 21.16 \times 10^{-11}$ m

---

انبعاث الضوء من ذرة بور (الطيف الخطى لغاز الهيدروجين):

١- عند إثارة ذرات الهيدروجين (بأن تكتسب طاقة) فإنها لا تثار كلها بنفس الدرجة، ولذلك تنتقل الإلكترونات فى الذرات المختلفة من المستوى الأول K $(n=1)$ إلى مستويات مختلفة أعلى منه $(n = 2$ or 3 or $4 .....)$ وتسمى هذه العملية إثارة الذرة Excitation

٢- لا تبقى الإلكترونات فى مستويات الطاقة العالية إلا لفترة قصيرة جدًا ثم تهبط إلى مستويات ادنى.

٣- عندما يهبط الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أدنى فإنه يفقد فرق الطاقة على شكل إشعاع تردده (ν) وطاقته ($h\nu$)، حيث $h\nu = E_2 - E_1$ وطوله الموجى $\lambda = \frac{c}{\nu}$

٤- ولذلك يتكون الطيف الخطى للهيدروجين من خمس مجموعات (أو متسلسلات)

٥- الانبعاث من الذرة على شكل فوتون له طاقة $h\upsilon$ تساوى الفرق بين طاقتى المستويين وتسمى هذه العملية الاسترخاء (Relaxation) .

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\upsilon$$

- عملية الاثارة وعملية الاسترخاء متلازمتان وفى حالة الإتزان

حكمه من شعر الشافعي:

شكوت الى وكيع سوء حفظى ... فأرشدنى الى ترك المعاصى

وأخبرنى بان العلم نـــور ... ونور الله لا يهدى العاصى

Soft Dreams

الرسوم البيانية لطاقة المستويات:

تستخدم الرسوم البيانية لمستويات الطاقة لذرة ما لتوضيح الطاقة الكلية للإلكترونات إذا ما شغلت هذه المستويات وتستخدم المعادلة الآتية لحساب طاقة المستوى (n).

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2} \text{ eV}$$

$1 \text{ ev} = 1.6 \times 10^{-19}$ Joule

• الطاقة بالإلكترون فولت (eV)

رسم تخطيطى يبين المسلسلات الخمس لطيف الهيدروجين

n = ∞ — E_∞ = Zero eV
n = 7
n = 6
n = 5 — E_5 = −0.54 eV
n = 4 — E_4 = −0.85 eV
n = 3 — E_3 = −1.51 eV
n = 2 — E_2 = −3.39 eV
n = 1 — E_1 = −13.6 eV

مجموعة فوند فى أقصى منطقة الأشعة تحت الحمراء
مجموعة براكت فى منطقة الأشعة تحت الحمراء
مجموعة باشن فى منطقة الأشعة تحت الحمراء
مجموعة بالمر فى منطقة الضوء المرئى
مجموعة ليمان فى المنطقة فوق البنفسجية

$E_1 = -13.6$ eV
$E_2 = -3.4$ eV
$E_3 = -1.51$ eV
$E_4 = -0.85$ eV
$E_5 = -0.54$ eV
$E_6 = -0.37$ eV
$E_7 = -0.27$ eV
$E_\infty = 0$

$$\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ترتيب مسلسلات طيف ذرة الهيدروجين كما بالشكل:

١ – مجموعة ليمان Leyman:
حيث ينتقل الالكترون إلى المستوى k (n = 1) من المستويات الأعلى وتقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة فوق البنفسجية وهى ذات أطول موجية قصيرة وترددات عالية.

٢ – مجموعة بالمر Balmer:
حيث ينتقل الالكترون من المستويات العليا إلى المستوى «L» (n = 2) وتقع هذه المجموعة فى منطقة الضوء المنظور وهى أول سلسلة اكتشفت.

٣ – مجموعة باشن (Paschen):
حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى «M» (n = 3) وتقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة Near. IR.

٤ – مجموعة براكت Bracket:
حيث ينتقل الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى «N» (n = 4) وتقع هذه المجموعة فى منطقة الأشعة تحت الحمراء الوسطى.

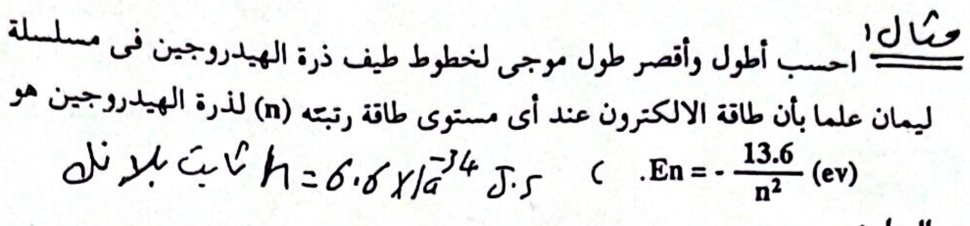
٥ – مجموعة فوند Pfund:
حيث ينتقل الالكترون من المستويات العليا إلى المستوى «O» (n = 5) وتقع هذه المجموعة فى أقصى المنطقة تحت الحمراء وهى أكبر الأطوال الموجية وأقلها ترددا.

س – احسب أطول طول موجى من كل المجموعات لذرة الهيدروجين

مثال ١

احسب أطول وأقصر طول موجى لخطوط طيف ذرة الهيدروجين فى مسلسلة ليمان علما بأن طاقة الالكترون عند أى مستوى طاقة رتبته (n) لذرة الهيدروجين هو

$E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ (ev)



الحل:

أقل تردد هو اكبر طول موجى فى مسلسلة ليمان [أقل تردد]

$n = 2 \longrightarrow n = 1$

$E_2 = \frac{13.6}{4} = -3.4$ ev

$E_1 = -13.6$ ev $\quad \Delta E = \quad , \Delta E = -3.4 - (-13.6)$

$\therefore \Delta E = 10.2$ ev

$\because \Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

$\therefore \lambda = \frac{h \cdot C}{\Delta E} \quad \therefore \lambda = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{10.2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.2132 \times 10^{-7}$ m

$= 1213.2\ A^{o}$

أكبر تردد = أقصر طول موجى فى ليمان من

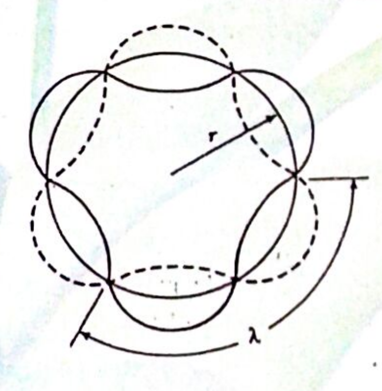
$n = \infty \longrightarrow n = 1$

$E_\infty = 0 \quad , E_1 = -13.6$ (ev) $\quad \therefore \Delta E = 0 - (-13.6) = 13.6$ ev

$\lambda = \frac{hC}{\Delta E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 9.10 \times 10^{-8}$ m

$\lambda = 910\ A^{o}$

فى ذرة الهيدروجين يدور هذا الإلكترون فى مسار مكونا موجة موقوفة





ما رقم المستوى؟

وكيف تحسب الطول الموجى

الطيف النقى والطيف غير النقى:

- الطيف غير النقى هو طيف ألوانه متداخلة ولا يمكن تميز حدود كل لون فيه كما فى حالة المنشور فقط. وللحصول على طيف نقى نوعا ما إستخدم نيوتن هذه الطريقة الموضحة بالشكل.

ذرات العناصر عند اشعاعها للطاقة تعطى أطيافا خطية ذات أطوال موجية محددة تميز كل عنصر على حدة.



١٧

المطياف : Spectrometer

أفضل طريقة للحصول على طيف نقى هى باستخدام أشعة ضوئية متوازية فى جهاز يسمى المطياف ويتركب من ثلاثة أجزاء رئيسية كما بالشكل.

lens عدسة محدبة
white light
slit الشق
prism منشور
light source مصدر الضوء
collimator مجمع
R V
red
eye lens
eye العين
violet
telescope تلسكوب

Spectrometer
المطياف

تركيب المطياف:

الاسبكترو سكوب

١ - مصدر الأشعة :

هو عبارة عن مصدر ضوئى أمامه فتحة مستطيلة ضيقة يمكن التحكم فى إتساعها بواسطة مسمار محوى. توجد هذه الفتحة فى بؤرة عدسة محدبة.

٢ - منضدة قابلة للدوران يوضع عليها منشور ثلاثى من الزجاج.

٣ - تلسكوب ويتكون من عدستين محدبتين هما الشيئية والعينية.

شرح العمل للحصول على طيف نقى:

١ - تضاء الفتحة المستطيلة الضيقة - كما فى الشكل بضوء أبيض متألق يسقط من الفتحة على المنشور فى وضع النهاية الصغرى للإنحراف.

٢ - يوجه التلسكوب لإستقبال الأشعة المارة خلال المنشور.

٣ - تكون أشعة كل لون متوازية فيما بينها وغير متوازية لأشعة الألوان الأخرى.

٤ - تعمل الشيئية على تجميع كل منها فى بؤرة خاصة فى المستوى البؤرى لهذه العدسة يمكن رؤيتها محددة بواسطة العينية.

وبذلك يتم الحصول على طيف نقى.

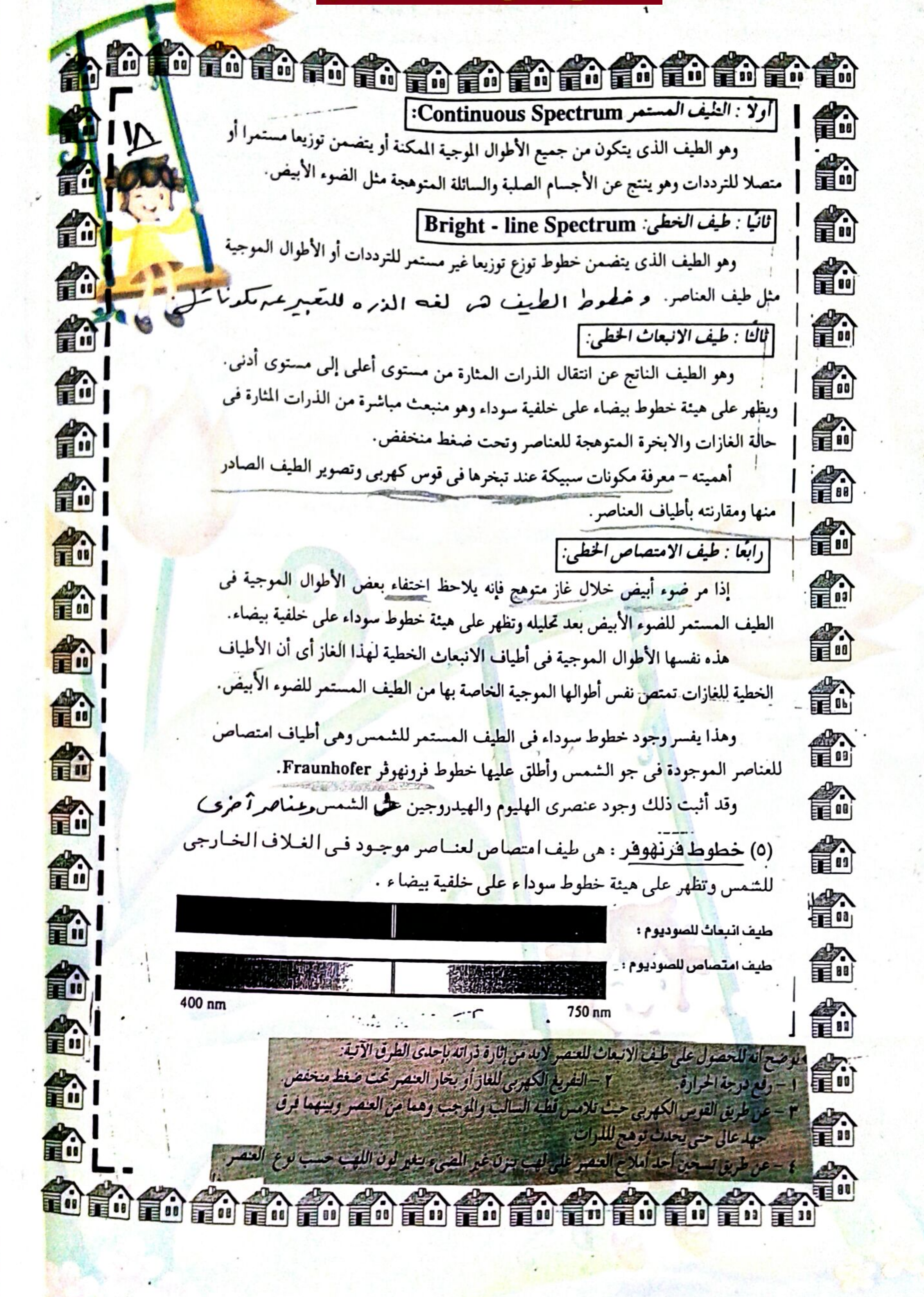
ملحوظة : فى الاسبكتروسكوب عند إستبدال العدسة العينية بلوح فوتوغرافى ليصور الطيف الناتج عندئذ يسمى الجهاز الاسبكتروجراف

العلاقة بين عدد مستويات الطاقة الممكنة لذرة مثارة التى يمكن أن ينقل إليها الإلكترون وعدد خطوط الطيف التى يمكن أن تنبعث هى:

عدد المستويات	2	3	4	5	6	7
عدد الأطياف	1	3	6	10	15	21

أنواع الطيف ← طيف مستمر أو متصل
أنواع الطيف ← طيف خطى ← إمتصاص / إنبعاث

عدد الأطياف المنبعثة = $\frac{n^2 - n}{2}$



أولا : الطيف المستمر Continuous Spectrum:

وهو الطيف الذى يتكون من جميع الأطوال الموجية الممكنة أو يتضمن توزيعا مستمرا أو متصلا للترددات وهو ينتج عن الأجسام الصلبة والسائلة المتوهجة مثل الضوء الأبيض.

ثانيا : طيف الخطى: Bright - line Spectrum

وهو الطيف الذى يتضمن خطوط توزع توزيعا غير مستمر للترددات أو الأطوال الموجية مثل طيف العناصر. وخطوط الطيف هى لغة الذرة للتعبير عن مكوناتها

ثالثا : طيف الانبعاث الخطى:

وهو الطيف الناتج عن انتقال الذرات المثارة من مستوى أعلى إلى مستوى أدنى. ويظهر على هيئة خطوط بيضاء على خلفية سوداء وهو منبعث مباشرة من الذرات المثارة فى حالة الغازات والابخرة المتوهجة للعناصر وتحت ضغط منخفض.

أهميته - معرفة مكونات سبيكة عند تبخرها فى قوس كهربى وتصوير الطيف الصادر منها ومقارنته بأطياف العناصر.

رابعًا : طيف الامتصاص الخطى:

إذا مر ضوء أبيض خلال غاز متوهج فإنه يلاحظ اختفاء بعض الأطوال الموجية فى الطيف المستمر للضوء الأبيض بعد تحليله وتظهر على هيئة خطوط سوداء على خلفية بيضاء. هذه نفسها الأطوال الموجية فى أطياف الانبعاث الخطية لهذا الغاز أى أن الأطياف الخطية للغازات تمتص نفس أطوالها الموجية الخاصة بها من الطيف المستمر للضوء الأبيض.

وهذا يفسر وجود خطوط سوداء فى الطيف المستمر للشمس وهى أطياف امتصاص للعناصر الموجودة فى جو الشمس وأطلق عليها خطوط فرونهوفر **Fraunhofer**.

وقد أثبت ذلك وجود عنصرى الهليوم والهيدروجين على الشمس وعناصر أخرى

(٥) خطوط فرنهوفر : هى طيف امتصاص لعناصر موجود فى الغلاف الخارجى للشمس وتظهر على هيئة خطوط سوداء على خلفية بيضاء .

طيف انبعاث للصوديوم :

طيف امتصاص للصوديوم :

400 nm — 750 nm

• نوضح أنه للحصول على طيف الانبعاث للعنصر لابد من إثارة ذراته بإحدى الطرق الآتية:

١ - رفع درجة الحرارة. ٢ - التفريغ الكهربى للغاز أو بخار العنصر تحت ضغط منخفض.

٣ - عن طريق القوس الكهربى حيث تلامس قطبه السالب والموجب وهما من العنصر وبينهما فرق جهد عالى حتى يحدث توهج للذرات.

٤ - عن طريق تسخين أحد أملاح العنصر على لهب بنزن غير المضيء يتغير لون اللهب حسب نوع العنصر



الأشعة السينية X - Rays

هى أشعة كهرومغناطيسية غير مرئية طولها الموجى قصير جدا ما بين (10^{-13} m , 10^{-8} m)

وتقع بين الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية وأشعة جاما وبالتالى فهى عالية الطاقة.

أول من اكتشفها رونتجن Rontgen وسماها هكذا لأنه لم يعرف ماهيتها فأطلق عليها اسم الأشعة المجهولة (X - Rays)

خواص الأشعة السينية:

١ - لها قدرة كبيرة على النفاذ خلال الأجسام وتتوقف قدرتها على فرق الجهد بين المصعد والمهبط.

٢ - لها قدرة كبيرة على تأيين الغازات.

٣ - لها قابلية الحيود فى البلورات ولذا تستخدم لدراسة التركيب البلورى للجوامد.

٤ - تؤثر على الألواح الفوتوغرافية الحساسة.

٥ - لها طبيعة الأشعة الضوئية فهى موجات كهرومغناطيسية.

٦ - لها تردد عالى لذلك لها طاقة عالية.

٧ - يمكن التحكم فى ترددها بتغير الجهد المستخدم.

٨ - تسبب توهج بعض المواد عند سقوطها عليها فى الظلام مثل تنجستات الكادميوم تعطى توهج أزرق وكبريتد خارجين تعطى أخضر لذلك تستخدم هذه المواد فى الكشف عنها.

طريقة الحصول على الأشعة السينية: باستخدام أنبوبة كولدج (Coolidge)

تتكون الأنبوبة من الأجزاء الرئيسية:

١ - الفتيل: Filament وهو سلك من مادة التنجستين، ويوصل طرفيه بمصدر كهربائى ذو جهد منخفض وظيفتها عندما يسخن إلى درجة التوهج تنبعث الإلكترونات من سطحه وكلما ذاد تيار الفتيلة ذاد معدل انبعاث الإلكترونات منها وبذلك تزيد شدة أشعة - X - المنبعثة.

٢ - الكاثود: Cathode وهو سطح معدنى مقعر الشكل يعمل على عكس الإلكترونات بحيث تتجه إلى الأنود ويتصل بالقطب السالب للجهد العالى.

٣ - الانود: Anode اسطوانة من النحاس توصل بالطرف الموجب للجهد العالى. ويعمل على تعجيل الإلكترونات واعطاءها الطاقة لتصطدم بالهدف ويصنع من النحاس لأن:

١ - النحاس جيد التوصيل للكهرباء.

٢ - جيد التوصيل للحرارة التى تنتقل من الهدف إلى الريش (العوارض) للتبـ

٤ - الهدف: Target هو عبارة عن كتلة صغيرة من فلز مثل التنجستين وذلك لأن:

١ - درجة إنصهاره عالية حتى لا ينصهر بالحرارة الناتجة عن تصادم الإلكترو المعجلة بالهدف لأن حوالى ٩٩% من الطاقة على هيئة حرارة.

٢ - عدده الذرى كبير حتى تتواجد الإلكترونات فى مستويات عليا كثيرة.

الطريقة:

١ – عند تسخين الفتيلة تنبعث منها الالكترونات.

٢ – تحت تأثير فرق جهد عال (المجال الكهربى) يصل إلى عدة آلاف من الفولتات تكتسب الالكترونات طاقة حركة كبيرة جدا يتوقف مقدارها على فرق الجهد بين الفتيلة والهدف.

٣ – عندما تصطدم الالكترونات يتحول جزء من طاقتها أو كلها إلى أشعة إكس.

طيف الأشعة السينية:

بتحليل حزمة من الأشعة السينية الصادرة من هدف ما إلى مكوناتها من الأطوال الموجية المختلفة نحصل على طيف يتكون من مركبتين.

أ – الطيف الخطى المميز:

ينتج الطيف الخطى إذا اصطدم الإلكترون المتسارع بأحد الالكترونات القريبة من النواة فى مادة الهدف حيث يكتسب الأخير كمية كبيرة من الطاقة فيقفز إلى مستوى طاقة أعلى أو يغادر الذرة.

ويحل محله الكترون أخر من أحد المستويات الخارجية ذات الطاقة الأعلى ليملأ هذا الفراغ فى مستوى الطاقة الداخلى ويظهر الفرق بين طاقة المستويين على شكل إشعاع له طول موجى محدد. يحسب من العلاقة :-

$$\Delta E = E_{خارجى} - E_{داخلى} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

ملاحظات:

١ – الطول الموجى للأشعة المميزة لا يتوقف على فرق الجهد المستخدم ولكن يتوقف على نوع العنصر فكلما زاد العدد الذرى للعنصر (مادة الهدف) نقص الطول الموجى للإشعاع المميز. لذلك يستخدم التنجستن كهدف شائع.

٢ – عند فروق الجهود المنخفضة قد لا تظهر الأشعة المميزة.

٣ – يمكن حساب الطول الموجى لأشعة إكس المميزة أو الشديدة Hard من العلاقة.

$$h \times \frac{C}{\lambda} = \Delta E$$

(ب) الطيف المستمر أو المتصل:

تتأثر الالكترونات بالمجال الكهربى للذرة وينتج عن ذلك أن تتناقص سرعتها وتقل طاقتها نتيجة التصادمات والتشتت Scattering وتصدر اشعاعا كهرومغناطيسيا بناء على نظرية ماكسويل – هرتز. لذلك

يسمى هذا الإشعاع الاشعاع المستمر أو المتصل أو أشعة الكابح (الفرملة) الإشعاع اللين



...ل فى طاقة الحركة يظهر على صورة اشعاع تردد (υ) وطاقته ($h\upsilon$) وقد يفقد الإلكترون كل طاقته الحركية دفعة واحدة (في أول ذره يدخل فيها) وعندئذ تكون طاقة الاشعاع الناتج مساوية تماما للطاقة التى اكتسبها الالكترون تحت تأثير فرق الجهد الذى يعمل على الانبوبة وقد تفقد الإلكترونات طاقتها على دفعات وبدرجات متفاوتة (في أكثر من ذره) وبذلك يكون الاشعاع الكهرومغناطيسى محتويا على جميع الأطوال الموجية الممكنة وهذا هو الاشعاع المستمر (الطيف المستمر للأشعة السينية) فى حالة فقد طاقة الالكترونات دفعة واحدة (في أول ذره) يكون:

$$e.V = h\upsilon = \frac{hc}{\lambda}$$

حيث (e) شحنة الالكترون ، (V) فرق الجهد الذى يعمل على الأنبوبة

وبذلك تزيد قوة النفاذية للأشعة بزيادة فرق الجهد المستخدم

التطبيقات الهامة للأشعة السينية:

١- تستخدم في دراسة تركيب البلورات: وذلك بسبب قابليتها للحيود عند مرورها في البلورات حيث تترتب الذرات في مستويات بينها مسافات وتعتبر البلورة بمثابة محزوز حيود طبيعي وتعمل هدب التداخل

٢ - نظرا لقدرتها على النفاذ وتأثيرها على الألواح الفوتوغرافية الحساسة لذا تستخدم فى تصوير العظام وتحديد أماكن الكسور والشروخ كما بالشكل

٣ - العلاج بالأشعة السينية كما تستخدم الأشعة السينية عالية الاختراق فى تدمير الخلايا السرطانية.

٤ - تستخدم فى تحديد أماكن الشروخ أو العيوب الداخلية فى الأجزاء المعدنية.

- مقارنة بين الطيف الخطى المميز والطيف المستمر لأشعة -X-

الطيف الخطى المميز	الطيف المستمر
(١) ينتج من اصطدام الإلكترون المعجل المنبعث من الكاثود بأحد الإلكترونات فى مستويات الطاقة القريبة من النواة يجعله يخرج من الذرة ويحل محله إلكترون هابط من أعلى.	(١) ينشأ من تأثير المجال الكهربى لذرات الهدف (السحابة الإلكترونية) على الإلكترون المعجل المنبعث من الكاثود فتقل طاقته.
(٢) فرق الطاقة للإلكترون الذى يهبط ينبعث على هيئة طيف (X-rays).	(٢) فرق الطاقة التى فقدها الإلكترون المعجل ينبعث على هيئة طيف (X).
(٣) يحتوى على خطوط طيف مميزة لمادة الهدف.	(٣) لا يحتوى على أى خطوط طيفية مميزة.
(٤) لا ينتهى عند طول موجى معين.	(٤) ينتهى عند طول موجى معين.
(٥) لا يتوقف الطول الموجى للأشعة على فرق الجهد بين الكاثود والأنود.	(٥) يتوقف على فرق الجهد ويقل الطول الموجى بزيادة فرق الجهد.
القانون: $\Delta E = E_2 - E_2 = \frac{h.c}{\lambda}$	القانون: $e.v = \frac{h.c}{\lambda}$

أمثلة

① إذا تعرض قطبا أنبوبة توليد الأشعة السينية لفرق جهد مقداره (10^5 فولت) فاحسب مقدار كل من (أ) طاقة حركة الالكترونات المصطدمة بالهدف (ب) النهاية الصغرى للطول الموجى للأشعة السينية المتولدة.

e . V

الحل:

$\frac{1}{2} m V^2 = e.v \quad \therefore \frac{1}{2} m V^2 = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^5 = 1.6 \times 10^{-14}$ Joule

$\lambda = \frac{hC}{e.V} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^5} = 1.24 \times 10^{-11}$ m $= 0.124$ A°

مثال ٤

اصطدم الالكترون المعجل بالكترون داخل ذرة مادة الهدف وأخرجه من الذرة وعندئذ هبط الكترون من مستوى خارجى إلى المكان الخالى فى المستوى الداخلى بحيث كان فرق الطاقة بين المستويين. ($\Delta E = 24.843 \times 10^3$ ev)

احسب الطول الموجى للأشعة السينية المميزة التى تنبعث من ذرة الهدف.

الحل:

$\therefore \Delta E = h \upsilon = \frac{hc}{\lambda}$

$\therefore \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{24.843 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{-11}$ m $= 0.5$ A°

مثال ٣

مهم

تعمل أنبوبة أشعة -X- على فرق جهد 4×10^4 فولت وتيار كهربى شدته 5 mA فإذا كانت كفاءة الأنبوبة 2٪ ، احسب :

١ – أقصر طول موجى للأشعة السينية الناتجة .

٢ – عدد الإلكترونات المنبعثة فى الثانية .

٣ – الطاقة الكهربية المستخدمة فى الأنبوبة كل ثانية .

٤ – طاقة أشعة - X - الناتجة كل ثانية .

٥ – الطاقة الحرارية الناتجة كل ثانية .

الحل

① $\because eV = \frac{hc}{\lambda} \quad \therefore \lambda = \frac{hc}{eV} = \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 40000} = 0.31$ A°

② $\because I = \frac{n \times 1.6 \times 10^{-19}}{t} \quad \therefore n = \frac{5 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}} = 31.25 \times 10^{15}$ إلكترون

③ الطاقة الكلية $= I \cdot V \cdot t = 5 \times 10^{-3} \times 40000 = 200$ J

④ طاقة X-rays $= \frac{2}{100} \times 200 = 4$ J — طاقة أشعة X

⑤ الحرارة $= \frac{98}{100} \times 200 = 196$ J — الطاقة الحرارية

س: وضح كيف يمكن زيادة : ١ – قوة نفاذية أشعة - X - الناتجة . ٢ – شدة أشعة إكس الناتجة .

① نزيد الجهد فرق الجهد فتزيد الطاقة فتزيد التردد فتزيد النفاذية

② بزيادة تيار الفتيلة فتسخن فيزيد عدد الإلكترونات المنبعثة

Soft Dreams

الفصل السابع

الليزر LASER

معنى كلمة ليزر:

هى الحروف الأولى من عبارة باللغة الإنجليزية هى:

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ومعناها

تضخيم (أو تكبير) شدة الضوء بواسطة الانبعاث المستحث.

الانبعاث التلقائى والانبعاث المستحث

أولاً الانبعاث التلقائى Spontaneous Emission

١ - تتحرك الالكترونات حول نواة الذرة فى مستويات تسمى مستويات الطاقة ، أدناها هو المستوى الأرضى Grond state. وهو المستوى الذى تتواجد فيه الذرة فى حالتها العادية.

٢ - فإذا اعتبرنا أن رمز طاقة المستوى الأرضى (E_1) فإن طاقة المستويات التى تليه يرمز لها E_2 ، E_3 ، E_4 ....

٣ - تسمى هذه المستويات مستويات إثارة الذرة Excited States وإذا تواجدت الذرة فى أحد هذه المستويات تكون ذرة مثارة Excited Atom.

٤ - عند قذف ذرة فى حالتها العادية بفوتون أى سقوط فوتون عليها طاقته ($E_2 - E_1$) فإن الذرة تمتص هذا القدر من الطاقة وتنتقل من المستوى الأرضى إلى مستوى الإثارة الأول الذى تبلغ طاقته (E_2).

٥ - وبعد فترة وجيزة تسمى فترة العمر Lifetime ومدتها حوالى (10^{-8}s) تتخلص الذرة من طاقة الإثارة بإشعاعها على شكل فوتون وتعود الذرة إلى حالتها العادية ويسمى هذا «الاشعاع التلقائى» Spontancous Emission. وهو الاشعاع السائد فى مصادر الضوء العادية.

E_2

$h\nu$

E_1

الوصول إلى حالة الإستثارة نتيجة إمتصاص طاقة من مصدر خارجي

E_2

$h\nu = E_2 - E_1$

E_1

الهبوط لمستوى طاقة أدنى بعد إنتهاء فترة العمر وانطلاق طاقة الإستثارة

الانبعاث التلقائى

الانبعاث التلقائي : هو الانبعاث الناتج عن عودة الذرة المثارة تلقائياً إلى الحالة العادية ويكون للفوتون الناتج نفس تردد الفوتون الساقط ولكن يختلف عنه في الاتجاه وفي الطور .

ثانيًا: الانبعاث المستحث: Stimulated Emission

فى سنة ١٩١٧ أثبت أينشتين أنه:

١ - إذا سقط فوتون طاقته ($E_2 - E_1$) على ذرة مثار بالفعل وموجودة فى مستوى الإثارة (E_2) قبل إنتهاء فترة العمر ، فإن هذا الفوتون يدفع الذرة إلى أن تشع طاقة إثارتها على شكل فوتون آخر له نفس تردد واتجاه وطور الفوتون الساقط وتعود الذرة إلى المستوى الأرضى كما بالشكل.

٢ - ونلاحظ من ذلك أنه فى حالة الإشعاع المستحث يوجد فوتونان الأصلى والمستحث لهما نفس التردد (الطاقة) ويتحركان معا بنفس الطور وفى نفس الاتجاه حيث تكون طاقة كل منهما.

$$\Delta E = h\upsilon = E_2 - E_1$$

E_2

فوتون ساقط طاقته

$h\nu = E_2 - E_1$

E_1

ذرة فى حالة إثارة ولم تنته بعد فترة عمر الإستثاره

E_2

مستحث

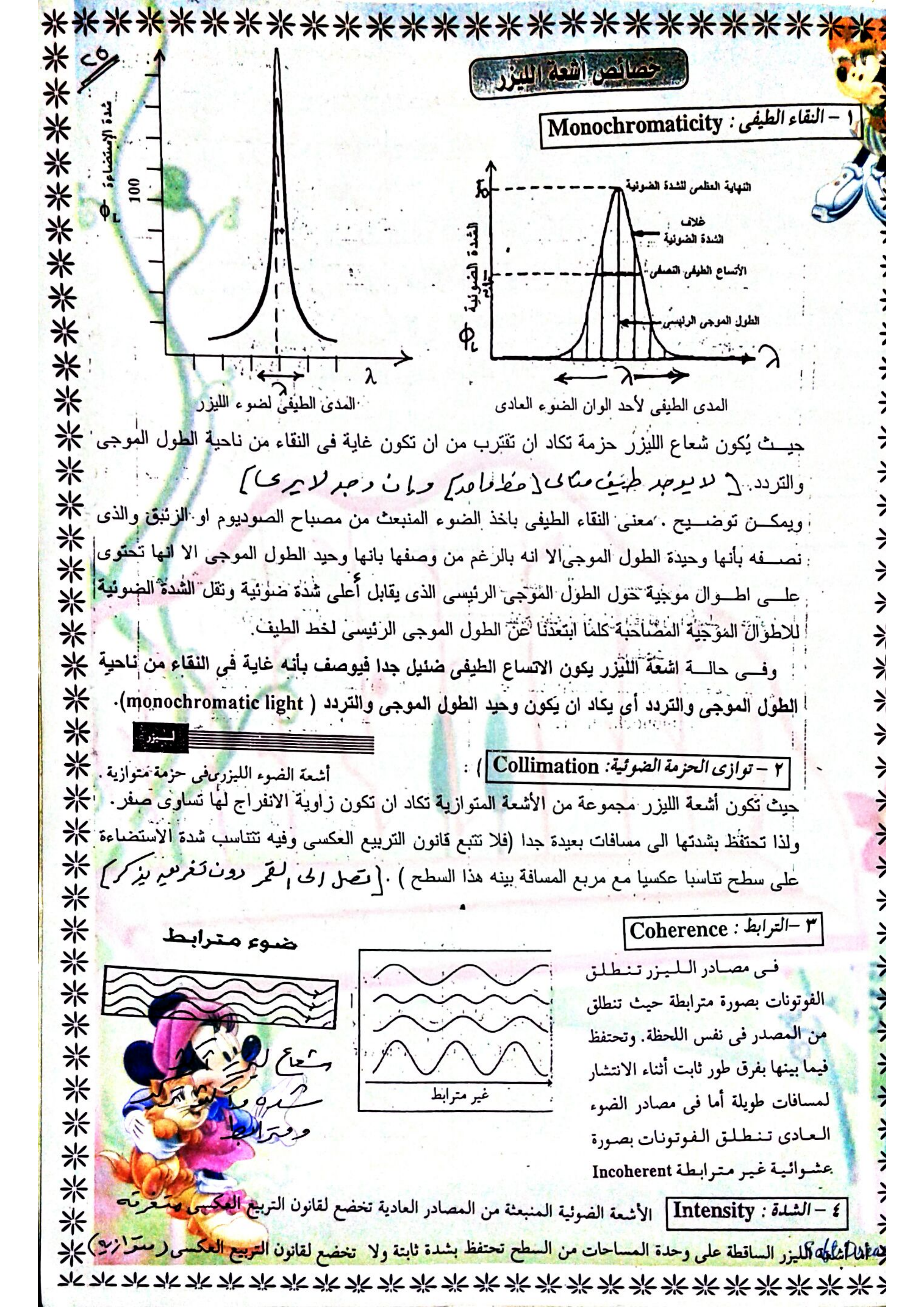
E_1

الهبوط لمستوى طاقة ادنى قبل إنتهاء فترة عمر حالة الإستثارة

انطلاق الفوتونات من ذرات المادة بهذه الكيفية يجعلها تتجمع فى حزم متوازية وبصورة مترابطة لمسافات طويلة جدا، وتكون ذات تركيز عال (أى عالية الشدة) على طول مسار الحركة، ولا تعانى من التشتت أو الانتشار الذى تعانيه حزم الفوتونات المنبعثة بالانبعاث التلقائى.

مقارنة بين خصائص الانبعاث التلقائى والانبعاث المستحث

الانبعاث التلقائى (ضوء المصباح العادى)	الانبعاث المستحث (شعاع الليزر)
١ - يحدث عندما تنتقل الذرات المثارة من مستوى الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه فى الطاقة. الفرق بين طاقتى المستويين يخرج على شكل فوتون تلقائيا بعد انتهاء فترة العمر Lifetime وبدون أى مؤثر خارجى.	يحدث عندما تنتقل الذرات المثارة من مستوى طاقة الإثارة إلى مستوى آخر أقل منه فى الطاقة، الفرق بين طاقتى المستويين (ΔE) يخرج على شكل فوتونات بتأثير سقوط فوتونات أخرى خارجية لها نفس الطاقة وذلك قبل انتهاء فترة العمر.
٢ - الفوتونات المنبعثة تغطى مدى طيفيا كبيرا من الأطوال الموجية للطيف الكهرومغناطيسى (فوتونات غير متجانسة).	الفوتونات المنبعثة جميعها لها طول موجى واحد فقط (متجانسة Monochromatic).
٣ - تتحرك الفوتونات بعد انبعاثها بصورة عشوائية (فى جميع الاتجاهات).	تتحرك الفوتونات بعد انطلاقها بنفس الطور وفى اتجاه واحد (مترابطة) على شكل أشعة متوازية Coherent, Collimated.
٤ - لا تحتفظ بتركيزها أثناء الانتشار Spreading حيث تتناسب شدة الاشعاع عكسيا مع مربع المسافة التى تقطعها (قانون التربيع العكسى).	تظل شدة شعاع الليزر ثابتة لمسافات طويلة (ولا تخضع لقانون التربيع العكسى) وذلك دون تشتت Scattering أو انتشار Spreading على الرغم من طول المسافة المقطوعة.
٥ - يعتبر هذا الانبعاث هو السائد فى مصادر الضوء العادية.	يعتبر الانبعاث السائد فى مصادر الليزر (أساس الليزر).
٦ - E_2 E_1	E_2 E_1



خصائص أشعة الليزر

١ – النقاء الطيفى : Monochromaticity

المدى الطيفى لضوء الليزر

المدى الطيفى لأحد الوان الضوء العادى

حيث يكون شعاع الليزر حزمة تكاد ان تقترب من ان تكون غاية فى النقاء من ناحية الطول الموجى والتردد. [لا يوجد طيف مثالى [مطلق] وإن وجد لا يرى]

ويمكن توضيح . معنى النقاء الطيفى باخذ الضوء المنبعث من مصباح الصوديوم او الزئبق والذى نصفه بأنها وحيدة الطول الموجى الا انه بالرغم من وصفها بانها وحيد الطول الموجى الا انها تحتوى على اطوال موجية حول الطول الموجى الرئيسى الذى يقابل أعلى شدة ضوئية وتقل الشدة الضوئية للاطوال الموجية المصاحبة كلما ابتعدنا عن الطول الموجى الرئيسى لخط الطيف.

وفى حالة اشعة الليزر يكون الاتساع الطيفى ضئيل جدا فيوصف بأنه غاية فى النقاء من ناحية الطول الموجى والتردد أى يكاد ان يكون وحيد الطول الموجى والتردد (monochromatic light).

٢ – توازى الحزمة الضوئية: Collimation) :

أشعة الضوء الليزرى فى حزمة متوازية .

حيث تكون أشعة الليزر مجموعة من الأشعة المتوازية تكاد ان تكون زاوية الانفراج لها تساوى صفر. ولذا تحتفظ بشدتها الى مسافات بعيدة جدا (فلا تتبع قانون التربيع العكسى وفيه تتناسب شدة الاستضاءة على سطح تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينه هذا السطح) . [تصل الى القمر دون تفرق يذكر]

٣ –الترابط : Coherence

غير مترابط

فى مصادر الليزر تنطلق الفوتونات بصورة مترابطة حيث تنطلق من المصدر فى نفس اللحظة. وتحتفظ فيما بينها بفرق طور ثابت أثناء الانتشار لمسافات طويلة أما فى مصادر الضوء العادى تنطلق الفوتونات بصورة عشوائية غير مترابطة Incoherent

٤ – الشدة : Intensity

الأشعة الضوئية المنبعثة من المصادر العادية تخضع لقانون التربيع العكسى متفرقة

أشعة الليزر الساقطة على وحدة المساحات من السطح تحتفظ بشدة ثابتة ولا تخضع لقانون التربيع العكسى (متوازية)

نظرية عمل الليزر :

من المعروف أن عدد الذرات في الحالة العادية أكبر من الذرات المثارة في أي وسط فعال [مثل عدد سكان الأدوار السفلى أكبر من عدد سكان الأدوار العليا]

تعتمد نظرية عمل الليزر على :

١] إثارة أكبر عدد من الذرات للمادة الفعالة حتى يكون عدد الذرات المثارة في مستويات عليا معينة أكبر من عددها في مستوى الطاقة الأقل وهذا هو الإسكان المعكوس

٢] عمل الترتيبات التي تكفل خروج الفوتونات المستحثة في إتجاه معين حتى يتضخم عددها عند مرورها خلال الوسط الفعال عن طريق الانعكاسات المتتالية بين سطحي مرآتين وهذا هو الفعل الليزري .

العناصر الأساسية لليزر:

١ – الوسط الفعال: Active Medium

وهى المادة الفعالة لإنتاج الليزر وهي أنواع مثل :-

(أ) بلورات صلبة Crystalline solids مثل الياقوت الصناعى Ruby

(ب) مواد صلبة شبه موصلة Semiconductors مثل بلورات السيليكون

(جـ) صبغات سائلة Liquid Dye مثل الصبغات العضوية المذابة فى الماء.

(د) ذرات غازية : مثل خليط غازى الهليوم والنيون أو غازات متأينة مثل غاز الأرجون المتأين

٢ – مصادر الطاقة Sources of Energy:

وهى المسئولة عن اكساب ذرات أو أيونات الوسط الفعال الطاقة اللازمة لإثارتها وتكون بإحدى الطرق الآتية:-

(أ) الإثارة بالطاقة الكهربية: وتستخدم الطاقة الكهربية المباشرة بإحدى صورتين.

الأولى: استخدام مصادر الترددات الراديوية Radio Frequency waves

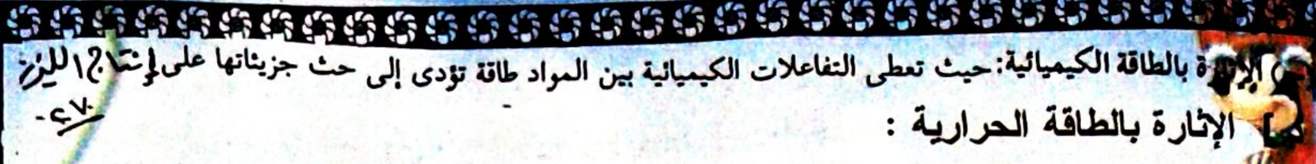
الثانية: استخدام التفريغ الكهربى Electric Discharge. بفرق جهد عال

والصورة الثانية تستخدم فى أجهزة الليزر الغازية مثل ليزر الهليوم والنيون

(ب) الإثارة بالطاقة الضوئية: وتعرف هذه باسم الضخ

الأولى: المصابيح الوهاجة ،

الثاني: شعاع ليزر كمصدر للطاقة.



- الإثارة بالطاقة الكيميائية: حيث تعطى التفاعلات الكيميائية بين المواد طاقة تؤدى إلى حث جزيئاتها على إنتاج الليزر -٧-
- الإثارة بالطاقة الحرارية :

عملية الضخ : هي عملية إمداد المادة الفعالة بالطاقة اللازمة لإثارتها وإحداث حالة الإسكان المعكوس والطاقة التي تضخ أما طاقة كهربية أو طاقة ضوئية أو كيميائية أو حرارية

٣ – التجويف الرنينى

وهو الوعاء الذى يحدث فيه التنشيط لعملية التكبير وفيه المادة الفعالة. وهو نوعان:

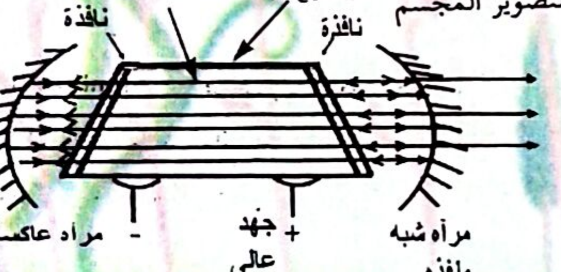
(أ) تجويف رنيني خارجي:

وفيه يكون الوسط الفعال فى نهايتية مرآتين متوازيتين (كما بالشكل) [هناك أنواع مختلفة منهم] وتكون الإنعكاسات المتعددة بينهما هى الأساس فى عملية التضخيم أو التكبير الضوئى كما فى الليزر الغازى

مرآتان عاكسنان

الوسط الفعال

(ب) تجويف رنيني داخلي: حيث يتم طلاء نهايتى المادة الفعالة لتعملا كمرآتين يحصران بينهما المادة الفعالة، كما فى الليزرات الصلبة بصفة عامة مثل ليزر الياقوت (شكل الموضح). وتكون إحدى المرآتين شبه منفذة لتسمح بمرور بعض أشعة الليزر المتولدة



تعمل نهايتى الوسط الفعال المصقولتان كسطحين عاكسين

ليزر الهيليوم – نيون Helium - Neon Laser:

وهو أفضل الليزرات وأكثرها استخداما فى الصناعة والجراحة والتصوير المجسم وخلافه وذلك لصغر حجمه وسهولة حمله وقلة مخاطره على الإنسان.

أنبوبة تفريغ غازى
غاز هليوم ونيون
نافذة
نافذة
مرآة عاكسة
جهد عالى
مرآة شبه ملفذه

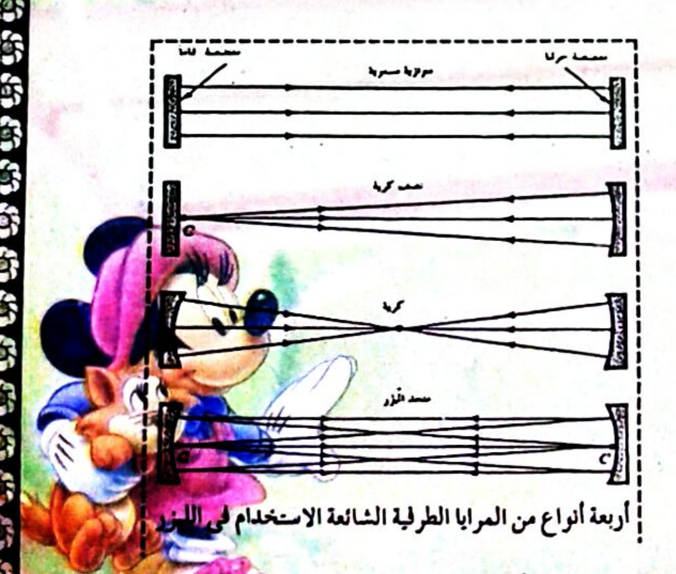
اختيار غازى الهليوم والنيون:

لتقارب قيم طاقة مستويات الإثارة شبه المستقرة فى كل منهما.

تركيب جهاز ليزر الهليوم – نيون:

١ – أنبوبة من زجاج الكوارتز بها خليط من غازى الهليوم والنيون بنسبة (1 : 10) تحت ضغط منخفض حوالى (0.6 mmHg) كما بالشكل

٢ – يوجد عند نهايتى الأنبوبة مرآتان مستويتان ومتعامدتان على محور الأنبوبة درجة العكس فى احداهما (99.5%) والأخرى شبه منفذة ودرجة عكسها بنسبة (98%) كما توجد أربع أنواع مختلفة من المرايا تستخدم فى جهاز الليزر كما بالشكل. الموضح


أربعة أنواع من المرايا الطرفية الشائعة الاستخدام فى الليزر

٣ – مجال كهربى عالى التردد يغذى الأنبوبة من الخارج لإثارة ذرات الهليوم والنيون أو فرق جهد عالى مستمر يسلط على الغاز داخل الانبوبة لإحداث تفريغ كهربى Electric Discharge. كما هو موضح بالشكل

الاستقطاب الخطى: للإطلاع فقط

يوجد فى مولد الليزر نافذتان W ، W شفافتان وتوضع بزاوية بروستر وهى زاوية (ϕ' (57°) الاستقطاب الخطى لموجات الليزر يكون فيها الفقد أقل ما يمكن والضوء العادى يتكون من مركبتين إحداهما فى مستوى السقوط والأخرى متعامدة عليه وتخرج أشعة الليزر من النوافذ مستقطبة خطيا فى مستوى السقوط حتى لا تؤذى العين.

[$\tan\phi' = n$]

عمل الجهاز للحصول على شعاع الليزر:

$He^* + Ne \rightarrow He + Ne^*$

١ - تثار ذرات الهليوم إلى مستويات الطاقة العليا بفعل فرق الجهد الكهربى داخل الأنبوبة.

٢ - تصطدم ذرات الهليوم المثارة بذرات نيون غير المثارة تصادما غير مرن فتنطلق الطاقة من ذرات الهليوم المثارة إلى ذرات النيون نتيجة تقارب قيم طاقة مستويات الإثارة بين الذرتين فتثار ذرات النيون.

٣- يحدث تراكم لذرات النيون المثارة في مستوى طاقة شبه مستقر (عمره 10^{-3} ثانية) وبذلك يتحقق الإسكان المعكوس في غاز النيون

4. تهبط بعض ذرات النيون تلقائياً الى مستوى طاقة أدنى E_1 منتجة فوتونات طاقتها تساوى فرق الطاقة بين المستويين E_2 & E_1 حيث = $h\upsilon = E_2 - E_1$ وتكون أتجهاتها عشوائية .

5. بعض هذه الفوتونات يكون أتجاهها موازى أو نحو محور الانبوبة فيصطدم بأحدى المرآتين ويرتد للداخل مرة أخرى . موازى للمحور أيضا

6. عند مرور هذه الفوتونات التلقائية التى طاقتها $h\upsilon = E_2 - E_1$ بذرات النيون المثارة فى المستوى E_2 شبه المستقر والتى لم تنقضى فترة عمر الإثارة لها لتستحثها على الهبوط الى مستوى الطاقة الأدنى E_1 مولدة فوتونات مستحثة متفقة فى الطور والأتجاة .

الأنعكاس التبادلى بين المرآتين

7. تعود ذرات النيون بعد ذلك الى المستوى الأرضى بفقد الطاقة المتبقية لديها في صور متعددة من الطاقة لتتصادم مع ذرات الهيليوم المثارة لتثار مرة أخرى .

8. بتوالى العمليات السابقة و بتوالى عمليات التصادم والأثارة وتصادم الفوتونات المستحثة بذرات نيون مثارة تتولد فوتونات مستحثة جديدة ويتضخم الشعاع ويتمكن جزء منه من النفاذ من المرآة شبه المنفذة .

تطبيقات على الليزر:

أولا: الهولوجرافى (التصوير المجسم) Hologram:

هولوجرافيا (أمريكية) كلمة من مقطعين
Holo = كامل
graphos = الصورة
"الصورة الكاملة"

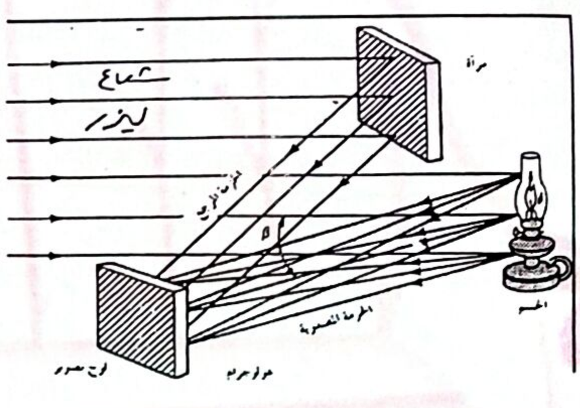
١ - من المعلوم أن صور الأجسام تتكون بتجميع الأشعة الضوئية المنعكسة عن الجسم المضاء والتى تحمل المعلومات منه إلى حيث تتكون الصورة (اللوح الحساس) وتظهر الصورة نتيجة الإختلاف فى الشدة الضوئية لهذه الأشعة من نقطة إلى أخرى وبذلك تظهر على اللوح الفوتوغرافى المعتاد الاختلاف فى الشدة الضوئية فقط وهو ما يكون الصورة المستوية Plane Image. وبذلك تظهر الصورة جزء من المعلومات فقط.

٢ - ونظرا لوجود تضاريس على سطح الجسم فيوجد اختلاف فى طول المسار للأشعة التى تترك الجسم عند وصولها للوح الفوتوغرافى وبذلك هناك اختلاف فى طور الضوء يساوى [$\frac{2\pi}{\lambda}$ X فرق المسار]. كما أن هناك اختلاف فى السعة يظهر كاختلاف فى الشدة الضوئية للأشعة المنعكسة عن أى نقطتين على الجسم وذلك لأن (الشدة الضوئية تتناسب طرديا مع مربع السعة).

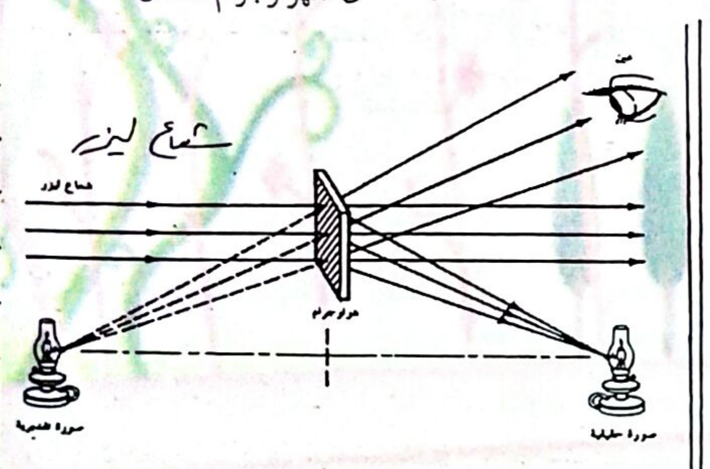
فرق المسار ← λ
فرق الطور ← 2π

٣ - وللحصول على ما فقد من معلومات واستخراجها من الأشعة كان اقتراح العالم (جابور Gabor) المجرى أول من وضع اسس التصوير المجسم أنه يستخدم لذلك أشعة أخرى لها نفس الطول الموجى سميت الأشعة المرجعية Reference Beam وهى حزمة من الأشعة المتوازية ، تلتقى هذه الأشعة مع الأشعة التى تترك الجسم المضاء حاملة المعلومات ويتم اللقاء عند اللوح الفوتوغرافى.

٤ - تحدث نتيجة لذلك ظاهرة التداخل الضوئى بين حزمتى الأشعة وبعد تحميض اللوح الفوتوغرافى تظهر عليه هدب التداخل الناتجة وهى صورة مشفرة تسمى الهولوجرام Hologram.



(أ) التصوير [مرحلة أولى]



(ب) إعادة الصورة [مرحلة ثانية]

والهولوجرام كلمة مشتقة من مقطعين Holo يعنى الكامل Gramma تعنى الرسالة أى الرسالة الكاملة.

(ب) والمرحلة الثانية هى إعادة تكوين الصورة وتتم بانارة الهولوجرام بأشعة الليزر التى لها نفس الطول الموجى لشعاع الليزر المستخدم فى التسجيل على الهولوجرام والنظر إليه من الجهة الأخرى نرى خلفه وأمامه صورتان متطابقتان للجسم تماما احداهما تقديرية ويمكن رؤيتها بالعين والثانية حقيقية يمكن تسجيلها وطبع نسخ منها وتتكون الصورتان من حيود موجات أشعة الليزر على الهولوجرام ويمكن النظر إليه من أكثر من جانب لذلك سميت هذه التقنية التصوير المجسم. [فى إعادة التكامل]

وأى جزء من الهولوجرام يعطى الصورة كاملة ولكن أقل كفاءة.

ثانيًا : فى الطب:

١ - تستخدم أشعة الليزر (أشعة معينة فى اجراء عمليات تلحم فيها أجزاء الشبكية المنفصلة بالطبقة التى تحتها. والشبكية **Retina** تحتوى على خلايا حساسة للضوء.

وأحيانا تصاب العين بأنفصال بعض أجزاء الشبكية وتفقد الأجزاء المصابة بالانفصال وظيفتها ومالم يتم علاجها بسرعة قد تتعرض إلى انفصال تام للشبكية وتفقد العين قدرتها على الإبصار



وأشعة الليزر التى تستخدم الآن لهذا الغرض وفرت كلا من الوقت والجهد حيث تتم عملية الإلتحام فى أجزاء صغيرة من الثانية بتصويب حزمة رفيعة من أشعة الليزر خلال إنسان العين إلى الجزء المصاب بالانفصال وتعمل الطاقة الحرارية لأشعة الليزر على إتمام عملية الإلتحام وبذلك تتم حماية العين من التعرض لفقد الإبصار.

كما يستخدم الليزر فى علاج حلالات قصر وطول النظر وبذلك يستغنى المريض عن النظارة كما تستخدم أشعة الليزر مع الألياف الضوئية فى التشخيص والعلاج بواسطة المناظير **Endoscopes**.

ثالثًا : فى الاتصالات:

حيث تستخدم أشعة الليزر والألياف الضوئية فى الاتصالات كبديل لكابلات التليفونات.

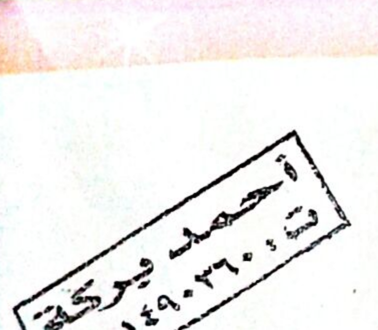
رابعًا: فى الصناعة وعلى الأخص الصناعات الدقيقة. فى عمل الشرائح الصغيرة والدوائر

خامسًا: فى المجالات العسكرية مثل توجيه الصواريخ بدقة عالية **Precision guidance** والقنابل الذكية **Smart Bombs** ورادار الليزر **(Laser Radar)** .

لدواعي الأمان في الحروب يستخدم شعاع ليزر غير مرئي أشعة تحت الحمراء تسقط علي الهدف وتنعكس عنه ويمكن توجيه الصاروخ بهذه النبضات المرتدة من الهدف وهكذا يكون الصاروخ موجه بالشعاع المنعكس ليأخذ مساره إلى الهدف بدقة .

قياس المسافات الفلكية بالليزر:

تقدر المسافة بين الأرض والقمر باستخدام انعكاس شعاع الليزر على عاكس مثبت على سطح القمر.



سادسًا : فى التسجيل على الأقراص المدمجة (أقراص الليزر **CDs**).

سابعًا: طابعة الليزر حيث يستخدم شعاع ليزر في نقل المعلومات من الكمبيوتر إلى أسطوانة **(Drum)** عليها مادة حساسة للضوء ثم يتم الطبع على الورق باستخدام الحبر **(Toner)** .

ثامناً : الإبهار الضوئي في العروض المسرحية

تاسعاً : في أعمال المساحة لتحديد المساحات والأبعاد بدقة .

عاشراً : في أبحاث الفضاء وغير ذلك كثيراً .

ملحوظة : ليزر الهليوم يكون طيف مستمر بينما ليزر الياقوت نبضي

سؤال فائق : علل ـ رغم أن ذرة النيون المثارة تشع أكثر من طول موجي ولكن الذي يتم تضخيمه هو الضوء ذو الطول الموجي 6328 A



أحمد بركة
ت ٠١٠١٤٩٠٣٦٠٠

٢١/

الإلكترونيات الحديثة

أصل علم الإلكترونيات:

أصل كلمة الإلكترونيات Electronics هو الإلكترون حيث يبنى عمل التطبيقات الإلكترونية على سلوك الإلكترون.

الإلكترون الحر: Free Electron

كما فى حالة أنبوبة التليفزيون ويخضع الالكترون الحر للفيزياء الكلاسيكية.

الالكترون المقيد: Bound Electron

وقد يكون التقييد داخل ذرة أو جزئ أو فى جسم المادة ويخضع للفيزياء الكمية.

المواد تكون فى الصور الأربع الأتية:

١ - فى صورة غازية. ٢ - فى صورة سائلة. ٣ - فى صورة صلبة. ٤ - أو بلازما [تأين]

الإلكترون داخل الذرة:

١ - الإلكترون داخل الذرة يعتبر مقيدا لا يستطيع أن يغادرها بل يحتاج إلى طاقة خارجية لتحرره وتسمى هذه الطاقة طاقة التأين (طاقة الربط) أى أن طاقته داخل الذرة أقل من طاقته خارجها وهو حر وهذا هو السبب فى بقائه داخل الذرة أى سبب استقرار الذرة. ويحكمه ميكانيكا الكم داخلها

٢ - حسب نموذج بور (Bohr) فإن هذا الالكترون طاقته متقطعة القيمة Discrete لأنه يشغل واحدا من مستويات الطاقة Energylevels المسموح بها ولا يمكنه أن يحصل على طاقة تقع بين هذه المستويات

أشباه الموصلات النقية: Intrinsic Semiconductors

تنقسم الجوامد من حيث توصيلها للتيار الكهربى إلى:

١ - مواد جيدة التوصيل «الموصلات» Conductors وهى التى توصل الكهربية والحرارة بسهولة وهى المواد التى بها وفرة من الإلكترونات الحرة مثل المعادن.

٢ - مواد رديئة التوصيل «العازلات» Insulators وهى التى لا توصل الكهربية والحرارة بسهولة والتى يندر بها وجود الإلكترونات الحرة مثل (الخشب والبلاستيك).

٣ - أشباه الموصلات Semiconductors

تعريف أشباه الموصلات:

هى مواد توصل التيار الكهربى فى درجات الحرارة العالية ولا توصلة فى الدرجات المنخفضة وهى بذلك لا تعتبر عازلات كما لا تعتبر موصلات.

واكثرها استخداما السيليكون والجرمانيوم

وتنتمى معظم أشباه الموصلات إلى المجموعة الرابعة فى الجدول الدورى،

تنقسم أشباه الموصلات الى :-

أ- أشباه موصلات نقية ب- أشباه موصلات غير نقية .

أولا : أشباه الموصلات النقية مثل بلورة الجيرمانيوم أو السيليكون النقية

تعريف البلورة :

هى ترتيب هندسى منتظم للذرات فى الحالة الجامدة.



كل ذرة تشارك بأربع الكترونات تكون ٤ روابط .

ذرة السيليكون تحتوى على أربعة الكترونات فى القشرة الخارجية كما بالشكل لذلك تتشارك كل ذرة سيليكون مع أربعة ذرات من جيرانها بحيث تكتمل القشرة الخارجية outer Shell وبذلك تحتوى القشرة الخارجية لكل ذرة سيليكون على ثمانية الكترونات بالمشاركة. وعلى ذلك تكون الكترونات السيليكون كالآتى:

١ - الكترونات المستويات الداخلية وهى مرتبطة بشدة جذبا بالنواة.

٢ - الكترونات التكافؤ Valence Electrons وهى الخارجيه ولها حرية أكبر فى الحركه فى مسارات البينية

- فى درجات الحراره المنخفضه [عند 0K]
تكون جميع الروابط سليمه ولا يوجد الكترون حر وبذلك تكون عازله.

- عند رفع درجه الحراره تتكسر بعض الروابط وينطلق الكترون حر متنقل ويترك مكانه فارغ يسمى فجوه - أو سقوط ضوء طاقته كافيه وفى هذه الحاله تصبح البلوره موصله للكهرباء

لا نسمى الذرة التى كسرت أحد روابطها أيونا لأن الفجوة سرعان ما تقتنص الكترونا آخر اما من رابطة مجاورة أو من الإلكترونات الحرة فتعود الذرة متعادلة كما كانت وتنتقل الفجوة إلى رابطة أخرى وهكذا.

بلورة سيليكون فى درجة حرارة الغرفة

ا بارتفاع درجة الحرارة تتكسر روابط أكثر وتزيد عدد الإلكترونات الحرة والفجوات .

ا عندما تتكسر رابطة تحتاج إلى طاقة وعندما تلتئم رابطة تعطى طاقة وكلاهما متساوى . حتى يحدث حالة إتزان حرارى ديناميكى أى عدد الروابط التى تتكسر = العدد الذى يلتئم

تركيز الإلكترونات الحرة (ni) = تركيز الفجوات الموجبة Pi = مقدار ثابت = ni [intrinsic]

قانون فعل الكتلة فى أشباه الموصلات $n \cdot P = n_i^2$



- والإلكترونات الحره مقيده أيضا ولكن في حيز أكبر وهو البلوره ذاتها
- عند كسر الروابط طاقه [حراريه - ضوئيه] وعند الإلتحام الروابط تنطلق طاقه
- تتحرك كل من الإلكترونات والفجوات حركه عشوائيه.
- التوصيل الكهربي يفسر لأشباه الموصلات بحركه الإلكترونات والفجوات وهما يتحركان في إتجاهين متضادين [التيار الإلكتروني - الإصطلاحي]

التطعيم (إضافة الشوائب) لبلورات أشباه الموصلات: Doping of a Semiconductor

التطعيم يقصد به إضافة كمية قليلة من ذرات مادة أخرى إلى بلورة شبه الموصل بهدف زيادة عدد الالكترونات الحرة أو الفجوات فيها والمادة المضافة تسمى الشوائب ويطلق على بلورة شبه الموصل التى تطعم بذرات من مادة شائبة أخرى بلورة شبه موصل غير نقية وتنقسم بلورات أشباه الموصلات غير النقية إلى نوعين حسب نوع مادة الشوائب

اولا: البلورة من النوع n - typesemiconductor(n)

أي البلوره السالبه.

إضافه عنصر من المجموعه الخامسه مثل الفوسفور (P) أو الانتيمون (Sb) يحل محل ذره السليكون. وتكون روابطا مع الجيران ويبقى إلكترون حر خارج هذه الروابط الأربع

الكترون حر

$n = P + N_D^+$

∴ فى الدرجات المنخفضة

وتصبح الذره الشائبه أيون موجب - ويضم الإلكترون الحر هذا الى الإلكترونات الحره وتسمى هذه الذره الشائبه ذره معطيه Donor ويرمز لتركيزه ويكون:

- فإذا كان (N_D^+) هو تركيز أيونات الشوائب المعطية (Donor) ⟶ ∴ $n = p + N_D^+$

الالكترونات الحرة · الفجوات · أيونات الشوائب

(n) هو تركيز الالكترونات الحرة

(P) هو تركيز الفجوات

ويتضح ى هذه الحالة أن (n) أكبر من (P) [n > p] وتصبح هذه المادة من نوع [n - type].

$n \approx N_D^+$

وتصبح الشحنات الأكثره هي الإلكترونات وتسمى بلوره سالبه ولكنها متعادله كهربيا

ثانيا : البلورة P - Type :

إضافة ذرات عنصر ثلاثى مثل البورن (B) يرتبط مع 4 ذرات سيليكون وتبقى رابطة ناقصة تسمى فجوة موجبة وتسمى الذرة الشائبة مستقبلة Acceptor (أيون سالب) وبذلك يزيد تركيز الفجوات. وتصبح الشحنات الأكثره هي الفجوات

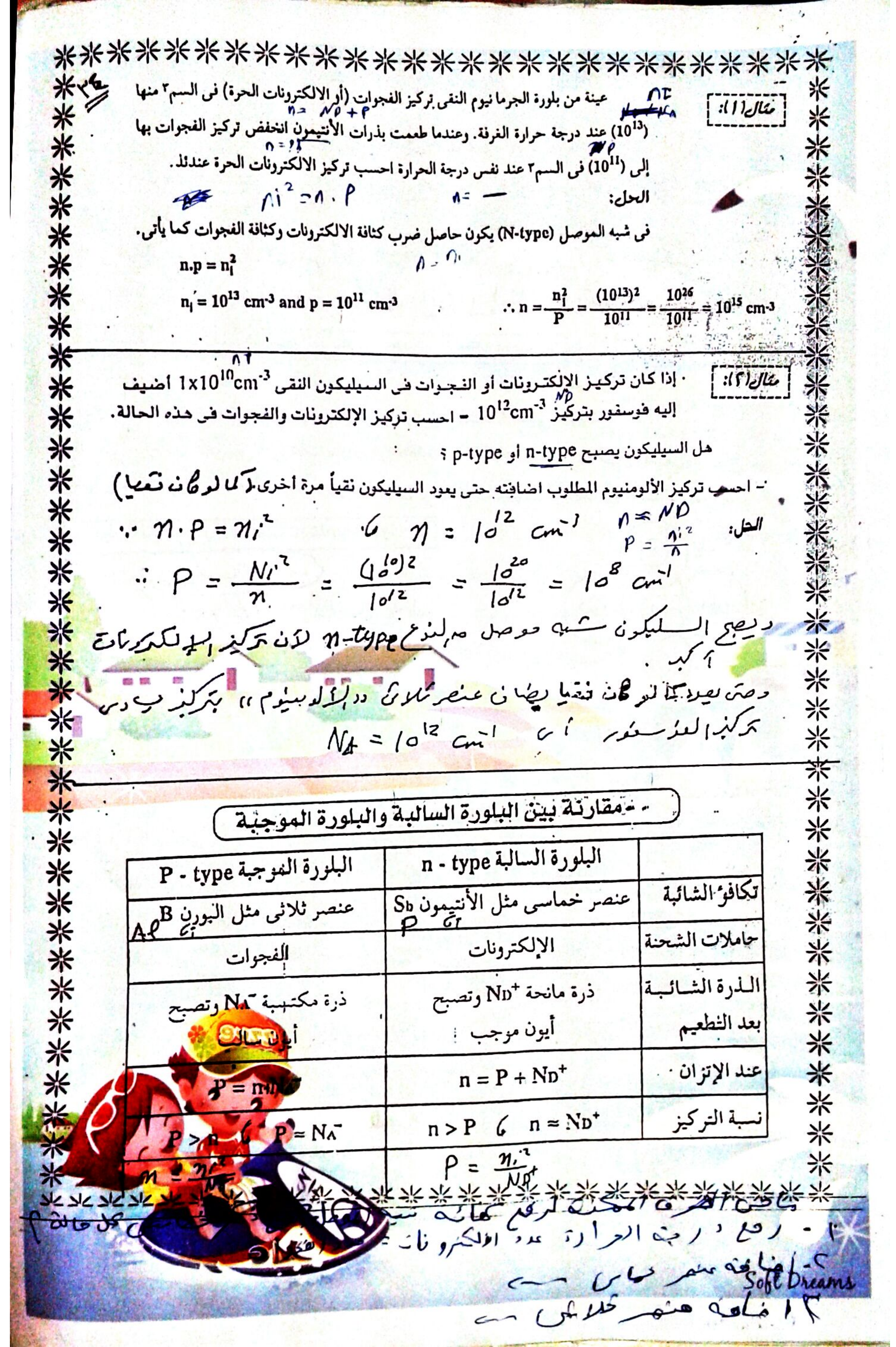
فجوة

$P = N_A^- + n$

فى الدرجات المنخفضة $P \approx N_A^-$

N_A^- تركيز ذرات الشائبة

$P = N_A^- + n$



مثال (١): عينة من بلورة الجرمانيوم النقى تركيز الفجوات (أو الالكترونات الحرة) فى السم³ منها (10^{13}) عند درجة حرارة الغرفة. وعندما طعمت بذرات الأنتيمون انخفض تركيز الفجوات بها إلى (10^{11}) فى السم³ عند نفس درجة الحرارة احسب تركيز الالكترونات الحرة عندئذ.

الحل:

فى شبه الموصل (N-type) يكون حاصل ضرب كثافة الالكترونات وكثافة الفجوات كما يأتى.

$$n.p = n_i^2$$

$n_i = 10^{13}\ cm^{-3}$ and $p = 10^{11}\ cm^{-3}$

$$\therefore n = \frac{n_i^2}{P} = \frac{(10^{13})^2}{10^{11}} = \frac{10^{26}}{10^{11}} = 10^{15}\ cm^{-3}$$

مثال (٢): إذا كان تركيز الإلكترونات أو الفجوات فى السيليكون النقى $1x10^{10}cm^{-3}$ أضيف إليه فوسفور بتركيز $10^{12}cm^{-3}$ - احسب تركيز الإلكترونات والفجوات فى هذه الحالة.

هل السيليكون يصبح n-type أو p-type ؟ :

- احسب تركيز الألومنيوم المطلوب اضافته حتى يعود السيليكون نقياً مرة أخرى (كما لو كان نقيا)

الحل:

$$\because n \cdot P = n_i^2 \quad , \quad n = 10^{12}\ cm^{-3} \quad n \approx N_D \quad P = \frac{n_i^2}{n}$$

$$\therefore P = \frac{n_i^2}{n} = \frac{(10^{10})^2}{10^{12}} = \frac{10^{20}}{10^{12}} = 10^{8}\ cm^{-3}$$

ويصبح السيليكون شبه موصل من النوع n-type لأن تركيز الإلكترونات أكبر.

وحتى يعود كما لو كان نقيا يضاف عنصر ثلاثى "الألومنيوم" بتركيز = تركيز الفوسفور أى

$$N_A = 10^{12}\ cm^{-3}$$

- مقارنة بين البلورة السالبة والبلورة الموجبة

	البلورة السالبة n - type	البلورة الموجبة P - type
تكافؤ الشائبة	عنصر خماسى مثل الأنتيمون Sb أو P	عنصر ثلاثى مثل البورن B أو Al
حاملات الشحنة	الإلكترونات	الفجوات
الذرة الشائبة بعد التطعيم	ذرة مانحة N_D^+ وتصبح أيون موجب	ذرة مكتسبة N_A^- وتصبح أيون سالب
عند الإتزان	$n = P + N_D^+$	$P = n + N_A^-$
نسبة التركيز	$n > P$ ، $n \approx N_D^+$ $P = \frac{n_i^2}{N_D^+}$	$P > n$ ، $P \approx N_A^-$ $n = \frac{n_i^2}{N_A^-}$

الطرق الممكنة لرفع كفائة شبه الموصل ... كل حالة

١- رفع درجة الحرارة عدد الالكترونات

٢- إضافة عنصر خماسى

٣- إضافة عنصر ثلاثى

المكونات أو النبائط الإلكترونية

تعريف المكونات أو النبائط: Devices ؛ هى وحدات البناء التى تبنى عليها كل الأنظمة الإلكترونية.

(أ) مكونات بسيطة: مثل المقاومة (R) وملف الحث (L) والمكثف (C) والمفتاح Switch والمتحكم فى التيار (Relay).

(ب) مكونات أكثر تعقيدا: مثل الوصلة الثنائية Pn - junction (دايود) والترانزستور Transistor بأنواعه. كما توجد نبائط أخرى متخصصة مثل نبائط كهروضوئية وغيرها وتتميز أشباه الموصلات والتى تصنع منها أغلب النبائط بحساسيتها للعوامل المحيطة بها مثل الضوء والحرارة والضغط والتلوث الذرى والكيميائى ولهذا تستخدم كمحسات Sensors أى كوسائل قياس لهذه العوامل.

• الوصلة الثنائية n - P junction : وتسمى الدايود

انتقال الإلكترونات من n إلى p

سطح الوصلة

منطقة p

منطقة n

المنطقة الفاصلة أو القاحلة

رمز الوصلة الثنائية

وص: عبارة عن بلورة سالبة وبلورة موجبة ومجرد تكون الوصلة الثنائية عند منطقة الإلتحام كما بالشكل يحدث:

١ - تعبر بعض الإلكترونات الحرة من البلورة السالبة n-type فى اتجاة البلورة الموجبة p-type لتملء عدد مساوى لها من الفجوات القريبة ويستمر الإنتقال لفترة صغيرة جدا.

٢ - وحيث أن البلورتان متعادلتان فى الأصل ويحدث نتيجة هجرة الإلكترونات يصبح الجهد على البلورة السالبة جهد موجب (شحنة موجبة) وعلى البلورة الموجة جهد سالب (شحنة سالبة) وينشأ بينهما فرق جهد يسمى جهد الحاجز يعمل على منع انتقال مزيدًا عن الإلكترونات بينهما

٣ - انتقال الإلكترونات من البلورة السالبة يسبب نقص فى نسبتها مما يسبب كسر روابط جديدة وتكوين فجوات أخرى زيادة فى السالبة يعتبر ذلك كما لو انتقلت فجوات من البلورة الموجبة إلى البلورة السالبة حتى يتوقف ذلك.

٤ - تظهر منطقة خالية من حاملات الشحن بينهما تسمى منطقة خالية أو قاحلة تفصل بينهما وعليها جهد موجب البلورة السالبة وجهد سالب على الموجبة. وينشأ فيها مجال كهربى.

تيار الإنتشار:

هو التيار الناتج عن هجرة الإلكترونات من البلورة السالبة نحو البلورة الموجبة.

٥ - يؤدى المجال بينهما على دفع تيار من الإلكترونات فى اتجاه البلورة السالبة يسمى تيار الانسياب.

تيار الانسياب: هو التيار الناتج بسبب وجود فرق جهد بينهما يدفع الإلكترونات من البلورة (p) نحو البلورة (n).

٦ - يحدث حالة إتزان عندما يتساوى تيار الانتشار وتيار الانسياب وهما متساويان ومتضادان محصلتهما = صفر.

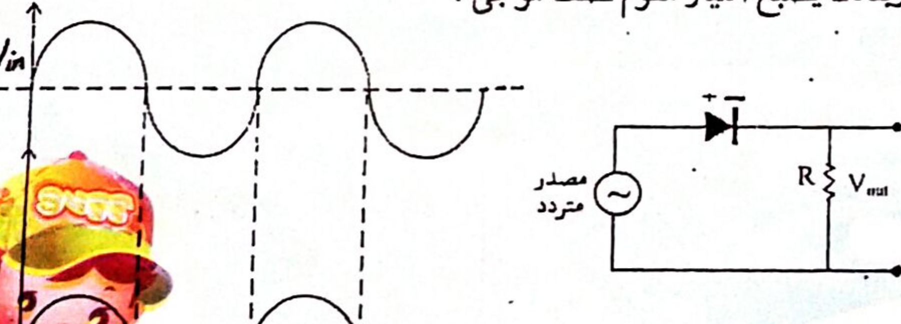
توصيل الوصلة الثنائية بجهد خارجى (بدائرة كهربية) ويتم ذلك بطريقتين.

خلى بالك:

مقارنة بين التوصيل الأمامى والتوصيل الخلفى للوصلة الثنائية (الدايود)

	التوصيل الأمامى	التوصيل الخلفى
طريقة التوصيل	توصيل البلورة السالبة بالقطب السالب والموجبة بالقطب الموجب.	توصل البلورة السالبة بالقطب الموجب والبلورة الموجبة بالقطب السالب.
الرسم	(توصيل أمامى)	(توصيل خلفى)
الجهد الحاجز	يقل فرق الجهد بينهما مجال البطارية عكس المجال الداخل.	يزيد فرق الجهد بينهما مجال البطارية والمجال الداخل فى نفس الاتجاه.
المنطقة الفاصلة	يقل اتساعها.	يزيد اتساعها.
مرور التيار	يمر التيار.	لا يمر التيار.
العمل	تعمل كمفتاح مغلق.	تعمل مفتاح مفتوح.
قياس المقاومة	تقل المقامة بين طرفى الوصلة عند قياسها بالأوميتر.	تزيد المقاومة بين طرفى الوصلة عند قياسها بالأوميتر.
الرمز		

مهم: الوصل الثنائية تعمل على تقويم التيار المتردد تقويم نصف موجى ، أى جعل التيار يسير فى اتجاه واحد لأن التيار المتردد يمر فى اتجاهين عند توصيله مع الوصلة الثنائية نجد فى أنصاف الموجات الموجبة يكون التوصيل أمامى تسمح له بالمرور وفى الإنصاف السالبة يكون التوصيل خلفى فلا يمر تيار وبذلك يصبح التيار مقوم نصف موجى .



ويمكن استخدام 4 وصلات ثنائية لتقويم التيار تقويم موجى كامل.

الترانزستور Transistor

تمكن العالم وليام شوكلى من إنتاج أول وصلة ترانزستور عام (1955)

يتكون من بلورتين متشابهتين بينهما شريحة رقيقة من بلورة مخالفة و يستخدم فى تكبير القدرة الكهربية والجهد الكهربى . وتتميز الترانزيستورات بصغر الحجم وخفة الوزن ورخص الثمن ، كما أنها تستخدم لمدة طويله ، ولذلك فانها تستخدم أستخداما واسعا فى أجهزة الراديو والتيليفزيون ، وأجهزة التقوية و الآلات الحاسبة الألكترونية ، والكمبيوتر وغيرها من الأجهزة الألكترونية .

أنواعه : توجد أنواع كثيرة من الترانزيستورات ذات خواص وتطبيقات متعددة ، ومن أهم الأنواع :

ترانزستور n.p.n . ترانزستور p.n.p

ترانزستور npn

ترانزستور PnP

$$\therefore I_E = I_C + I_B \quad (1)$$

وفيما يلى تركيب الترانزستور من النوع (n.p.n). والتيار يكون دائما

١ - منطقة الباعث (E) شبه موصل (n-type) بها نسبة شوائب عالية.

٢ - منطقة القاعدة (B) شبه موصل (p-type) وعرضها صغير للغاية وهى قليلة الشوائب نسبيا وتتوسط الباعث والمجمع.

٣ - منطقة المجمع (C) (n-type) نسبة الشوائب بها أقل من الباعث وعادة يكون

للترانزستور ثلاثة أسلاك توصيل معدنية تستخدم عند توصيل كل من الباعث والقاعدة والمجمع فى الدوائر الكهربية

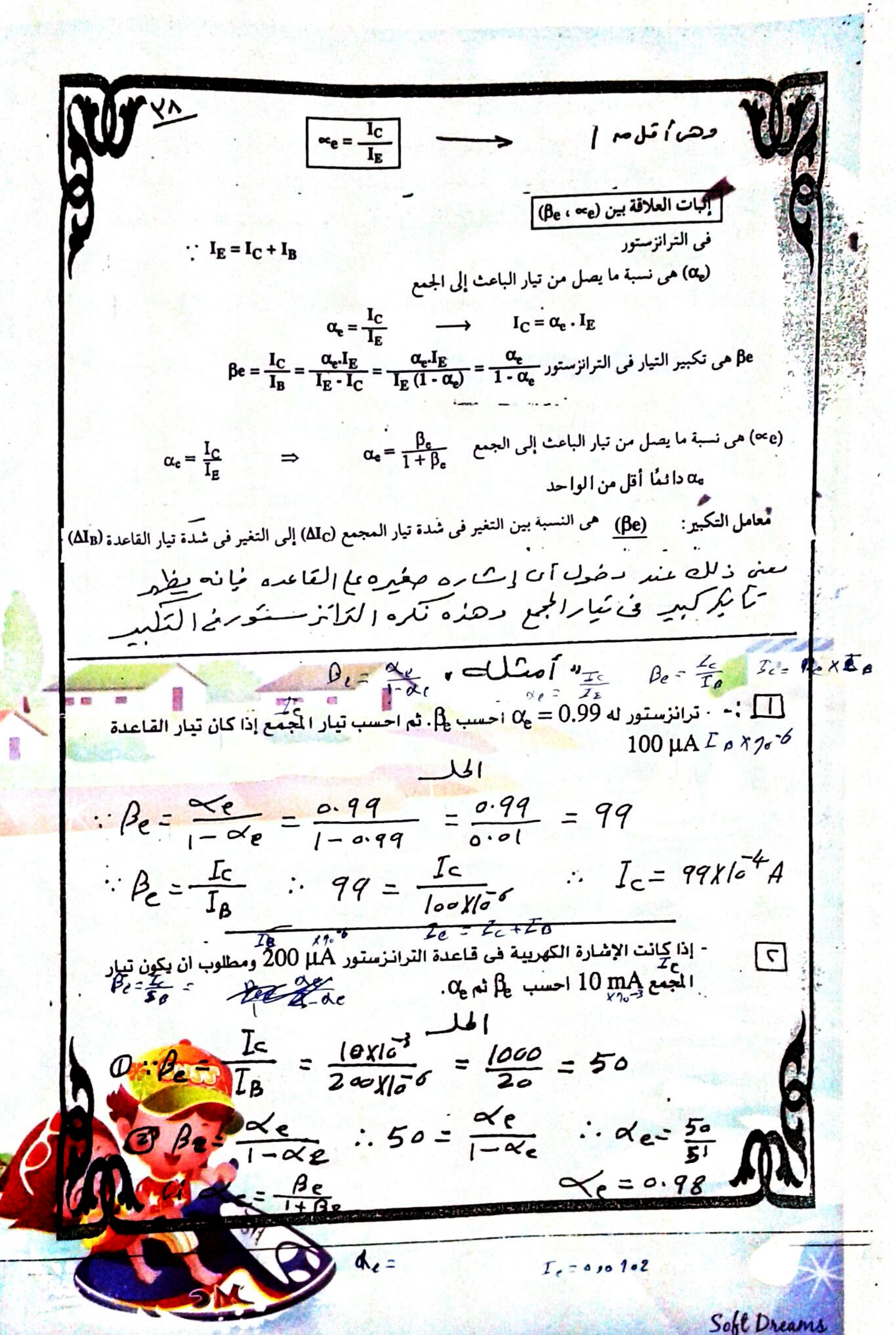
عمل الترانزستور: من النوع (n-p-n)

١- يوصل الباعث E مع القاعده B أمامى
٢- يوصل المجمع C مع القاعده B خلفى
أى القاعده موجبه بالنسبه للباعث والمجمع موجب بالنسبه للقاعده .

فى هذه الحالة تنطلق الالكترونات من الباعث (n) السالب إلى القاعدة (P) حيث تنتشر بعض الوقت إلى أن يتلقفها المجمع (n) الموجب ولكن لأن الإلكترونات تنتشر فى قاعدة مليئة بالفجوات فإن عملية الإلتئام Recombination التى تتم فى القاعدة تستهلك نسبة من هذه الالكترونات فإذا كان تيار الالكترونات المنطلق من الباعث هو (I_E) فإن ما يصل للمجمع هو (I_C)

$$\therefore I_C = \alpha_e I_E$$

حيث α_e هو نسبه ما يصل من تيار الباعث الى المجمع .



٢٨

$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$ ⟵ وهى أقل من ١

إثبات العلاقة بين (β_e ، α_e)

فى الترانزستور $\because I_E = I_C + I_B$

(α_e) هى نسبة ما يصل من تيار الباعث إلى الجمع

$\alpha_e = \frac{I_C}{I_E} \longrightarrow I_C = \alpha_e \cdot I_E$

βe هى تكبير التيار فى الترانزستور $\beta e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha_e . I_E}{I_E - I_C} = \frac{\alpha_e . I_E}{I_E(1-\alpha_e)} = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e}$

(α_e) هى نسبة ما يصل من تيار الباعث إلى الجمع $\alpha_e = \frac{\beta_e}{1+\beta_e} \Rightarrow \alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$

α_e دائمًا أقل من الواحد

معامل التكبير: (βe) هى النسبة بين التغير فى شدة تيار المجمع (ΔI_C) إلى التغير فى شدة تيار القاعدة (ΔI_B)

معنى ذلك عند دخول أى إشارة صغيرة على القاعدة فإنه يظهر تأثير كبير فى تيار الجمع وهذه فكرة الترانزستور فى التكبير

أمثلة $\beta_e = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e}$ ، $\alpha_e = \frac{I_C}{I_E}$ ، $\beta_e = \frac{I_C}{I_B}$ ، $I_C = \beta_e \times I_B$

١ - ترانزستور له $\alpha_e = 0.99$ احسب β_e. ثم احسب تيار المجمع إذا كان تيار القاعدة 100 µA $I_B \times 10^{-6}$

الحل

$\because \beta_e = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e} = \frac{0.99}{1-0.99} = \frac{0.99}{0.01} = 99$

$\because \beta_e = \frac{I_C}{I_B} \quad \therefore 99 = \frac{I_C}{100\times10^{-6}} \quad \therefore I_C = 99\times10^{-4} A$

$I_E = I_C + I_B$

٢ - إذا كانت الإشارة الكهربية فى قاعدة الترانزستور 200 µA ومطلوب ان يكون تيار المجمع 10 mA احسب β_e ثم α_e.

$\beta_e = \frac{I_C}{I_B}$

الحل

① $\because \beta_e = \frac{I_C}{I_B} = \frac{10\times10^{-3}}{200\times10^{-6}} = \frac{1000}{20} = 50$

② $\beta_e = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e} \quad \therefore 50 = \frac{\alpha_e}{1-\alpha_e} \quad \therefore \alpha_e = \frac{50}{51}$

$\alpha_e = \frac{\beta_e}{1+\beta_e}$ $\qquad \alpha_e = 0.98$

$\alpha_e =$ $\qquad I_e = 0.0102$

Soft Dreams

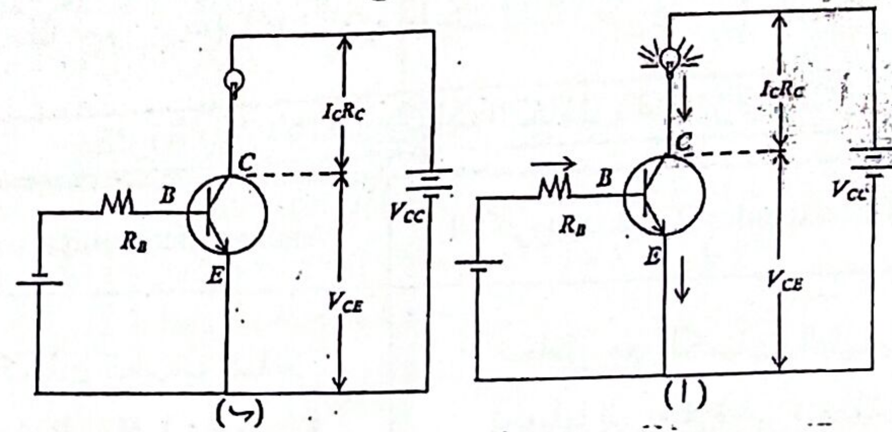
الترانزستور كمفتاح Switch:

الشكل المقابل يوضح الدائرة الكهربية لترانزستور يعمل كمفتاح (Switch) حيث

• الدائرة توضح توصيل الترانزستور n P n كمفتاح حيث يكون

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C . R_C \quad .... \quad (1)$$

حيث V_{CC} جهد البطارية الرئيسية ، V_{CE} جهد الخرج وهو فرق الجهد بين الباعث والمجمع I_C تيار المجمع R_C مقاومة دائرة المجمع .



• فى الدائرة (أ) :

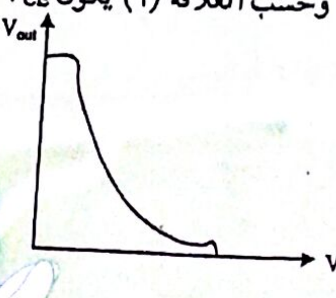
الترانزستور n P n كمفتاح فى حالة توصيل (غلق) on حيث يتصل على القاعدة جهد موجب وهى بلورة موجبة وبذلك يكون توصيل أمامى (باعث - قاعدة) يمر تيار I_B وحيث أن العلاقة : $I_C = \beta_e . I_B$

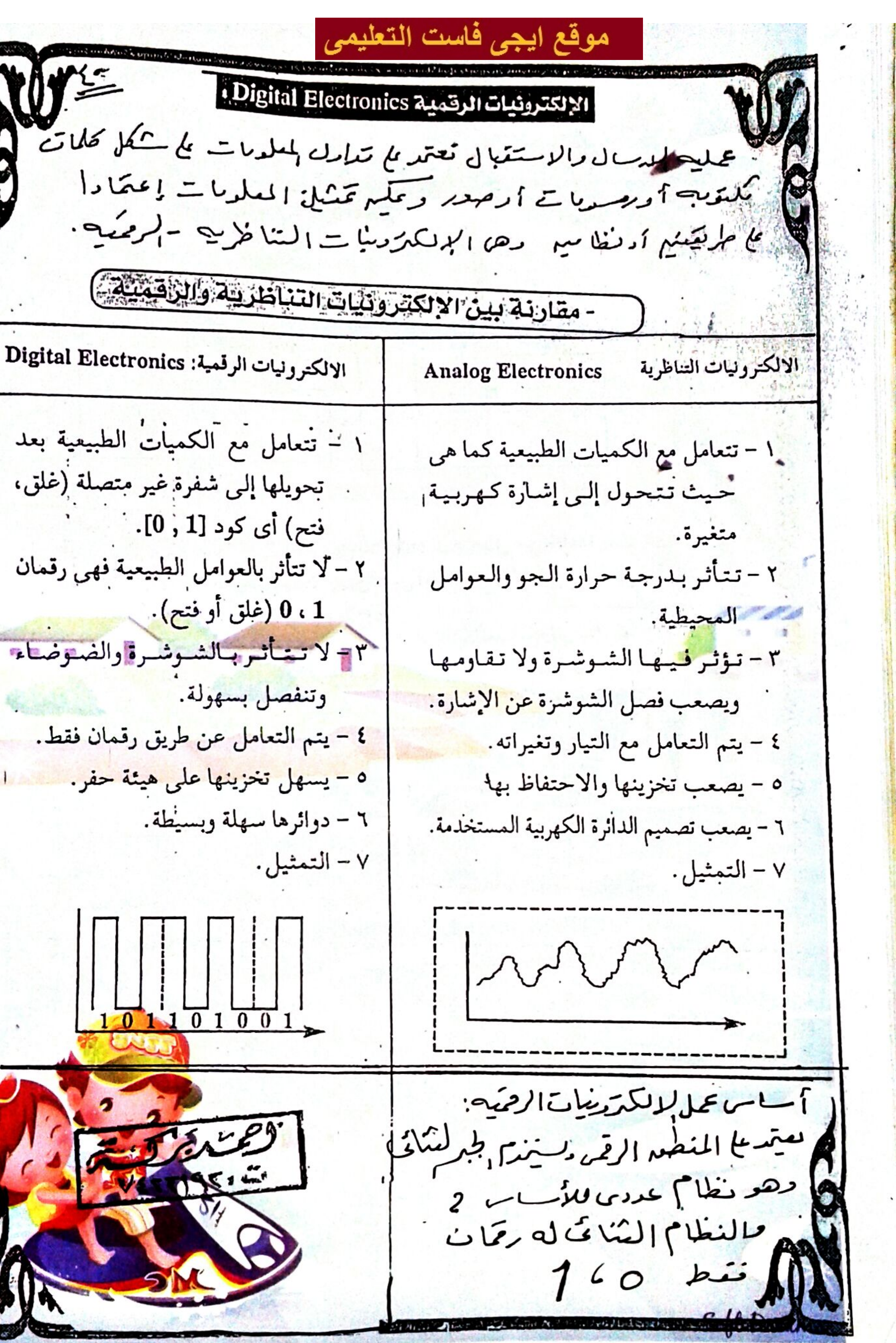
يكون تيار I_C كبيرة ويكون I_CR_C كبير . أى يمر تيار فى دائرة المجمع ولو كان بها مصباح كما بالدائرة (أو مقاومة) يمر به التيار ويضيىء أى أصبح الترانزستور مفتاح موصل (مغلق) يمر تيار $\left[I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}\right]$ من العلاقة (١) حيث V_{CC} مقدار ثابت ، عندما سكون $I_C R_C$ كبير يكون الخرج V_{CE} صغير أى الدخل وهو تيار القاعدة كبير يكون الخرج أى فرق الجهد بين الباعث والمجمع صغير .

• فى الدائرة (ب) :

الترانزستور مفتوح فى حالة قطع التوصيل (فتح) Off .

حيث تتصل القاعدة بجهد سالب وهى بلورة موجبة أو تفتح دائرة القاعدة فلا يمر تيار فى دائرة القاعدة I_B = صفر ويكون I_C = صفر فلا يمر تيار فى دائرة المجمع ولا فى المصباح (المقاومة) R_C تعتبر دائرة مفتوحة (off) وحسب العلاقة (١) يكون V_{CE} كبير وهى الخرج (أى الدخل صغير (I_B) يكون الخرج كبير أى يعتبر الترانزستور نبيطة عاكسة وهو استخدام أخر للترانزستور (كبوابة عاكس) .





الإلكترونيات الرقمية Digital Electronics :

عملية الإرسال والاستقبال تعتمد على تداول المعلومات على شكل كلمات مكتوبة أو رسومات أو صور وعلية تمثيل المعلومات إعتمادا على طريقتين أو نظامين وهى الإلكترونيات التناظرية - الرقمية.

- مقارنة بين الإلكترونيات التناظرية والرقمية

الالكترونيات التناظرية Analog Electronics	الالكترونيات الرقمية: Digital Electronics
١ - تتعامل مع الكميات الطبيعية كما هى حيث تتحول إلى إشارة كهربية متغيرة.	١ - تتعامل مع الكميات الطبيعية بعد تحويلها إلى شفرة غير متصلة (غلق، فتح) أى كود [1 , 0].
٢ - تتأثر بدرجة حرارة الجو والعوامل المحيطية.	٢ - لا تتأثر بالعوامل الطبيعية فهى رقمان 1 ، 0 (غلق أو فتح).
٣ - تؤثر فيها الشوشرة ولا تقاومها ويصعب فصل الشوشرة عن الإشارة.	٣ - لا تتأثر بالشوشرة والضوضاء وتنفصل بسهولة.
٤ - يتم التعامل مع التيار وتغيراته.	٤ - يتم التعامل عن طريق رقمان فقط.
٥ - يصعب تخزينها والاحتفاظ بها	٥ - يسهل تخزينها على هيئة حفر.
٦ - يصعب تصميم الدائرة الكهربية المستخدمة.	٦ - دوائرها سهلة وبسيطة.
٧ - التمثيل.	٧ - التمثيل.

أساس عمل الالكترونيات الرقمية:
يعتمد على المنطق الرقمى ويستخدم الجبر الثنائى وهو نظام عددى للأساس 2 والنظام الثنائى له رقمان 1 ، 0 فقط

• مثال توضيحي :

أوجد المكافئ الثنائي للعدد (55)
ويكتب العدد الثنائي من أعلى إلى أسفل
(ومن اليمين إلى اليسار) هكذا .
$[110111]_2$

(يمين)

$55 \div 2 = 27$	والباقي	1
$27 \div 2 = 13$	والباقي	1
$13 \div 2 = 6$	والباقي	1
$6 \div 2 = 3$	والباقي	0
$3 \div 2 = 1$	والباقي	1
$1 \div 2 = 0$	والباقي	1

(يسار)

والعكس نأخذ تحويل العدد الثنائي $[110111]_2$ إلى العدد العشري .

$$\overset{5}{1}\overset{4}{1}\overset{3}{0}\overset{2}{1}\overset{1}{1}\overset{0}{1} = 1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^5$$
$$= 1 + 2 + 4 + 0 + 16 + 32 = 55$$

مميزات الإلكترونيات الرقمية:

١ - تنتقل الاشارات الرقمية لمسافات طويلة دون تشويه لأن الاشارة الرقمية لا تتأثر بالضوضاء

٢ - تحتاج الاشارة التناظرية (التماثلية) إلى تكبير ولكن الضوضاء أو الشوشرة المضافة إليها يحدث لها تكبير هي الأخرى فإذا كانت الاشارة ضعيفة والشوشرة كبيرة، اختفت الاشارة الأصلية

٣ - الإشارة الرقمية تناسب الاستخدامات التكنولوجية الحديثة على نطاق واسع مثل التليفون المحمول والقنوات الفضائية الرقمية وأقراص الليزر المدمجة (CD) . وأجهزة معالجة البيانات مثل أجهزة الكمبيوتر فكل ما يدخل إلى الكمبيوتر سواء أعداد أو حروف يتحول إلى شفرات ثنائية (Binary Gode) كذلك تجزأ الصور إلى عناصر صغيرة تسمى (pixels) وتحول أيضا إلى شفرة. ويقوم الكمبيوتر بجميع العمليات الحسابية باستخدام الجبر الثنائي كما يقوم بتخزين المعلومات في الذاكرة المؤقتة (RAM) أو الذاكرة المستديمة مثل القرص الصلب (Hard Disk) على شكل مغنطة في اتجاه معين مما يعنى (O) والمغنطة في اتجاه مضاد مما يعني (1) .

٤ - الالكترونيات الرقمية سهلة التصميم والبناء من مكونات بسيطة.

البوابات المنطقية: Logic Gates

هي دوائر تستطيع أن تقوم بعمليات منطقية مثل العكس (NOT) والتوافق (AND) والاختيار (OR) وهي مبنية على الجبر الثنائي وهو أساس الإلكترونيات الرقمية وتعتمد كثير من التطبيقات الحديثة للإلكترونيات مثل دوائر الحاسب ووسائل الاتصالات الحديثة على هذه الدوائر الرقمية والتي يطلق عليها البوابات المنطقية ، وتسمى بوابات لأنها تعمل كمدخلات تسمح بمرور المعلومة أو لا تسمح ومنطقية لأنها تعمل وفق قواعد منطقية أساسها [0 , 1].

وكل بوابة أو أكثر من بوابات متصلة معا لها جدول تحقيق يتكون من الكود 0 , 1

A-B

البوابات المنطقية LOGIC GATES

الاسم	عاكس = NOT	توافق = AND	اختيار = OR
الدائرة الكهربية المكافئة	V_B ، R ، K ، مصباح	A ، B ، مصباح	A ، B ، مصباح
عملها	عند الغلق لا يضئ المصباح وعند الفتح يضئ	لا يضئ المصباح الا اذا اغلق A and B	يضئ المصباح اذا اغلق اى من المفتاحين A or B
الدخل	مدخل واحد (على يسار الرمز)	مدخلان أو اكثر (على يسار الرمز)	مدخلان أو اكثر (على يسار الرمز)
الخرج	مخرج واحد (على يمين الرمز)	مخرج واحد (على يمين الرمز)	مخرج واحد (على يمين الرمز)
الرمز	دخل — NOT — خرج	دخل A ، B — AND — خرج	الدخل A ، الدخل B — OR — خرج
جدول التحقق	HIGH — LOW LOW — HIGH دخل / خرج: 0 / 1 ، 1 / 0	A B خرج: 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 0 مفتوح ، 1 مغلق	A B خرج: 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 خرج = 1 يضئ
الاستعمال مثال	فى غلاية الماء الكهربية ينير المصباح عندما يغلى الماء ويكون مطفأ عندما يكون الماء بارد	عندما يقرر المزارع رى المزرعة عند الغروب وفى جو بارد بواسطة الرشاش الاتوماتيك	منبه الخطر يعمل اذا كان هناك دخان أو درجة حرارة مرتفعة

استعمالات الترانزيستور:

أولاً: استخدام الترانزيستور فى البوابات المنطقية:

لا ينظر إليه على أنه مكبر (Amplifier) بل على أنه مفتاح (Switch) وهكذا يمكن أن نوظف الترانزيستور على أنه Inverter (Notgate) عاكس أو أنه دائرة توفيقية (AND Gate) إذا كان له اكثر من باعث بحيث لا يوصل تيارا إلا إذا كان كل باعث عليه جهد موجب أى (1) كذلك يمكن تصور الترانزيستور على أنه بوابة اختيار (Or Gate) إذا كان لدينا زوج من الترانزيستور على التوازى بحيث يكفى أن يوصل أحدهما التيار إذا توافر (1) على أى من الدخلين فيكون الخرج (1).

ثانياً: استخدام الترانزيستور فى صنع دوائر الذاكرة:

(أ) الذاكرة المؤقتة: (RAM) وفيها يتم الاحتفاظ بالرقم (0) أو الرقم (1) إلى أن يزول التيار فيزول ما تم تخزينه.

(ب) الاحتفاظ بالبيانات (Data): ولذلك تخزن هذه البيانات على القرص الصلب (Hard Disk) ولا يتم محوها منه الا بتعليمات من المستخدم

كذلك يتم الاحتفاظ بالمعلومات بصفة دائمة باستخدام الأقراص المدمجة CD، حيث يتم تسجيل الشفرات برموز 0 و1 بواسطة شعاع ليزر يحفر حفرة فى قرص بلاستيك ليرمز إلى 1 وعدم وجود حفرة يعنى 0. وتسمى هذه العملية الكتابة Write . ولاسترجاع المعلومات (أغنية أو فيلم) Read فإن قارئة الليزر CD Drive تقرأ ما سبق تسجيله بواسطة شعاع ليزر يستدل على 0 أو 1 التى تم تسجيلها من قبل

كاميرات تصوير بالنظام الرقمى:

وقد ظهرت حديثا حيث تتحول الصور إلى إشارات رقمية يتم تداولها وارسالها قطعة قطعة Pixel by Pixel.

****

تم بحمد الله شرح المنهج كاملا فى يوم / / ٢٠١

بسم الله الرحمن الرحيم

سُبْحَٰنَ رَبِّكَ رَبِّ ٱلْعِزَّةِ عَمَّا يَصِفُونَ ﴿١٧٩﴾ وَسَلَٰمٌ عَلَى ٱلْمُرْسَلِينَ ﴿١٨٠﴾ وَٱلْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ ٱلْعَٰلَمِينَ ﴿١٨١﴾

صدق الله العظيم

أحمد إمام أحمد بركة
خبير الفيزياء بوزارة التربية والتعليم
ت. 0101490360

«الأعداد والكود الثنائى لها»

	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	1
	0	0	1	0	2
	0	0	1	1	3
	0	1	0	0	4
	0	1	0	1	5
	0	1	1	0	6
	0	1	1	1	7
	1	0	0	0	8
	1	0	0	1	9
	1	0	1	0	10
	1	0	1	1	11
	1	1	0	0	12
	1	1	0	1	13
	1	1	1	0	14
	1	1	1	1	15
1	0	0	0	0	16
1	0	0	0	1	17
1	0	0	1	0	18
1	0	0	1	1	19
1	0	1	0	0	20
1	0	1	0	1	21
1	0	1	1	0	22
1	0	1	1	1	23
1	1	0	0	0	24
1	1	0	0	1	25
1	1	0	1	0	26
1	1	0	1	1	27
1	1	1	0	0	28

	1	1	1	0	1	29
	1	1	1	1	0	30
	1	1	1	1	1	31
1	0	0	0	0	0	32
1	0	0	0	0	1	33
1	0	0	0	1	0	34
1	0	0	0	1	1	35
1	0	0	1	0	0	36
1	0	0	1	0	1	37
1	0	0	1	1	0	38
1	0	0	1	1	1	39
1	0	1	0	0	0	40
1	0	1	0	0	1	41
1	0	1	0	1	0	42
1	0	1	0	1	1	43
1	0	1	1	0	0	44
1	0	1	1	0	1	45
1	0	1	1	1	0	46
1	0	1	1	1	1	47
1	1	0	0	0	0	48
1	1	0	0	0	1	49
1	1	0	0	1	0	50
1	1	0	0	1	1	51
1	1	0	1	0	0	52
1	1	0	1	0	1	53
1	1	0	1	1	0	54
1	1	0	1	1	1	55
1	1	1	0	0	0	56
1	1	1	0	0	1	57